



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och
jordbruksvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och
förvaltning

Lokalt omhändertagande av dagvatten i vägmiljö

Local disposal of stormwater in road environment



Josefine Rehn

Kandidatarbete 15 hp
Landskapsingenjörsprogrammet
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU
Alnarp, 2013

Lokalt omhändertagande av dagvatten i vägmiljö

Local disposal of stormwater in road environment

Författare: *Josefine Rehn*

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, Landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU.

Examinator: Jesper Persson Landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU.

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0361

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: Landskapsingenjör, kandidatexamen i landskapsplanering

Ämne: Landskapsplanering

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Juni 2013

Omslagsbild: Josefine Rehn

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *Vägdagvatten, LOD, föroreningar, infiltration, cirkulationsplatser, jordegenskaper*

Förord

Detta examensarbete är skrivit inom landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU Alnarp. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är skrivit på C-nivå. Arbetet är skrivit inom området landskapsplanering vid fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap. Mitt mål med arbetet är att få projektörer inom väg- och vattenbranschen att försöka jobba för mer lokalt omhändertagande av vatten i vägmiljö. Utrymmena finns där!

Först vill jag rikta ett jättestort tack till min handledare Eva-Lou Gustafsson som varit en bra vägledare och stöttat mig genom arbetets gång. Tusen tack!

Vidare vill jag tacka min mycket goda vän och kurskamrat Brita Svensson som varit till stort stöd under arbetets gång. När det varit som tuffast har du uppmuntrat mig att kämpa vidare. Trots arbetets allvar har vi haft många goda skratt tillsammans under arbetet. Tack!

Jag vill också rikta ett tack till mina föräldrar och min bror som stått ut med mitt gnäll under denna period! Ni har stötta mig och hjälpt mig genomföra detta! Tack!

Till sist vill jag tacka min sambo och pojkvän, Jon som alltid funnits för mig och uppmuntrat mig att kämpa in i det sista under hela arbetets gång!

Tusen tack alla!

Josefine Rehn

Alnarp 2013-05-28

Sammanfattning

Dagens förtätning av städer och tätorter, samt den ökande exploateringen leder till en ökad ytavrinning och en minskad naturlig infiltration av dagvatten. För att få bort vattnet så fort som möjligt transporteras det bort genom ledningar direkt ut till recipienter utan att renas. Dagvatten och främst vägdagvatten är ofta mycket förorenat och kan orsaka stor skada i naturen, både på flora och fauna.

Majoriteten av föroreningarna som hittas i dagvatten kan hänvisas till trafikens utsläpp, slitage av vägbana och däck, läckage och korrosion. Näringsämnena fosfor och kväve, suspenderat material, zink, salt, kolväten och olja är bara exempel på de ämnen som bildar den komplexa blandningen av föroreningar i vägdagvattnet. Den förorening som orsakar mest debatt är bly, men tack vara en förändrad lagstiftning och övergång till blyfri bensin har mängden bly i naturen minskat. Bly förekommer främst i adsorberad form och är mycket hårt bundet, vilket gör det svårslösligt.

Som tur är renas många föroreningar bort genom infiltration av vattnet. Infiltration innebär vattnets nedträngande i jorden och är en naturlig process i vattnets kretslopp. Är det möjligt att använda naturlig infiltration för att rena vägdagvatten så nära källan som möjligt, exempelvis i en cirkulationsplats?

Kort sagt skulle man kunna svara att *"ja det är möjligt"* men det är en mängd faktorer som påverkar hur lämpligt det är att genomföra. Först och främst måste man ta hänsyn till trafiksäkerheten, då det inte får utgöra någon fara för trafikanter. Jordartens hydrauliska konduktivitet, förmågan att leda vatten genom jorden, spelar en stor roll för hur effektiv infiltrationen kommer att vara. En lerjord kommer att resultera i stående vatten, men detta är kanske något man kan acceptera? Storleken på cirkulationsplatsen spelar också en stor roll. En större cirkulationsplats ger större möjligheter att ha en god reningseffekt.

Arbetet bygger på en litteraturstudie där tre huvudpunkter studerats; vattenproblematiken, föroreningar och restriktioner för cirkulationsplatser har studerats. Med litteraturstudien som grund har en analys av en befintlig cirkulationsplats gjorts för att studera möjligheterna att anpassa denna för lokalt omhändertagande av vägdagvattnet.

Jag hoppas att resultatet inte bara svarar på frågeställningen utan också kommer att resultera i att verksamma yrkesmän- och kvinnor inom branschen försöker anpassa nybyggnationer för att kunna ta hand om så mycket vägdagvatten som möjligt innan det släpps ut i naturen. Orden *ekologiskt* och *hållbar utveckling* är mode just nu och varför inte då försöka applicera dessa orden på vårt vägdagvatten också?

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Bakgrund	1
Syfte och mål	1
Avgränsningar.....	1
Metod och material.....	1
Litteraturstudie	3
Vattnets kretslopp.....	3
Klimatförändringar	4
Lokalt omhändertagande av dagvatten	5
Markstruktur och egenskaper	6
Dagvatten och dess påverkan	9
Vägdagvatten och dess sammansättning.....	11
Föroreningar och dess påverkan	12
Rening och infiltration	17
Utformning av rondeller.....	19
Exempel från Lund.....	22
Sammanfattning.....	27
Diskussion.....	28
Slutsats	33
Källförteckning.....	34

Inledning

Bakgrund

Mitt intresse för just dagvatten kom redan när jag påbörjade min utbildning vid SLU Alnarp, där vi fick en uppgift att projektera en parkering. Något av det viktigaste i uppgiften var att lösa höjdsättningen för att få en så effektiv vattenavrinning som möjligt, vilket visade sig vara svårare än vad man kan tro. Nu under mitt sista år vid Alnarp så läste jag en kurs i vattenhantering där hållbar utveckling var en viktig del, vilket alltid varit ett intresse för mig. När jag körde hem från skolan en dag och funderade kring vad för examensarbete jag skulle skriva så passerade jag en cirkulationsplats och tänkte "varför tar man inte hand om dagvatten i rondeller". Så kläcktes idén till detta arbete.

Dagvattenhantering, föroreningar och klimatförändringen är ständigt aktuella ämnen och problem som man försöker lösa på ett så effektivt sätt som möjligt, vilket inte alltid är så lätt. Dagvattenhanteringen i staden syftar ofta till att bli av med vattnet så fort som möjligt för att inte åstadkomma skador eller orsaka problem, vilket resulterar i att kraftigt förorenat vatten släpps ut i naturen. Källan till det förorenade vattnet är i största utsträckning trafiken. Varför tar man då inte hand om vattnet så nära källan som möjligt?

Detta arbete består till stor del av en litteraturstudie där vattenproblematiken, föroreningar och restriktioner för cirkulationsplatser studerats. En analys av en befintlig cirkulationsplats har gjorts för att se om det går att anpassa en befintlig rondell för lokalt omhändertagande av vägdagvattnet. I slutet förs en diskussion kring litteraturstudien och analysen.

Syfte och mål

Målet med arbetet är att kunna visa att man med enkla medel och outnyttjade resurser, kan få ett renare dagvatten och därmed en bättre miljö. Jag hoppas att arbetet ska resultera i att verksamma yrkesmän- och kvinnor inom området ska försöka anpassa nybyggnationer och exploateringar i vägmiljö till lokalt omhändertagande av vägdagvattnet i exempelvis cirkulationsplatser.

Syftet med arbetet är att sammanställa fakta om hur man kan ta hand om dagvatten i rondeller. Arbetet ska också svara på frågan hur man kan konstruera en cirkulationsplats för att lokalt kunna ta hand om dagvattnet från vägbanan.

Avgränsningar

Detta kandidatarbete kommer att avgränsas till rondeller med växtlighet och de som befinner sig i hastighetszonen 50 km/h. Rapporten är riktad efter dessa faktorer men resonemanget kan även föras för större rondeller, i andra hastighetszoner.

Metod och material

En litteraturstudie kommer att vara den främsta informationskällan men också intervju med yrkespersoner och specialister kommer att användas som informationsgrund. Litteraturstudien kommer att vara grunden för att svara på frågeställningen. Under en tidigare intervju med en yrkesperson på Ramböll i Malmö har det framkommit att de har tidigare anlagt en liknande cirkulationsplats som är aktuell i detta arbete. Intervjun kommer förhoppningsvis att ge mycket information om hur de gick till väga men också vilka eventuella svårigheter de stötte på och

gärna var rondellen finns så att man kan åka och titta på den. Intervjun kan komma att bli en bra vägledning i upplägget av arbetet och belysa eventuella problem som måste beaktas.

Informationssökande bland böcker och artiklar har skett i Alnarps bibliotek och Lunds universitetsbibliotek. På biblioteken har sökmotorn PRIMO respektive LOVSIA använts. Via internet har sökmotorn Google och bibliotekskatalogen LIBRIS använts. För information om trafik och vägar har Trafikverkets hemsida varit till stor hjälp. Sökord som *vattenrening*, *LOD*, *swales*, *vägdagvatten*, *stormwater* och *infiltration* har använts. Med hänsyn till språkmässiga kunskaper har litteratur och artiklar begränsats till svenska och engelska.

Intervjuer kommer främst att göras över telefon, snarast möjligt för att ha så goda chanser som möjligt att få tag i personen i fråga. Förberedelser inför intervjun kommer att göras i form av grundläggande frågor.

En fallstudie kommer att göras på en befintlig rondell där anpassningsmöjligheterna kommer att analyseras, med litteraturstudien och intervjuer som faktagrund. Fallstudien kommer utföras genom besök på plats där visuella iakttagelser kommer att göras. Besök vid olika cirkulationsplatser kommer att göras för att kunna jämföra och analysera för- och nackdelar med olika utformning. Analysen kommer att ha samma tyngdpunkter som återfinns i litteraturstudien. Fallstudien görs främst för att hjälpa läsaren att få en uppfattning om hur det skulle fungera i praktiken men också vilka eventuella dimensioner man pratar om. I mån av tid kan ett utformningsförslag tas fram.

Rondellen som valts ut för fallstudien finns i Lund. Denna valdes främst för dess närhet som kommer att underlätta besök för mig, men även att dess storlek representerar en stor mängd av de cirkulationsplatser som återfinns i tätorter och städer.

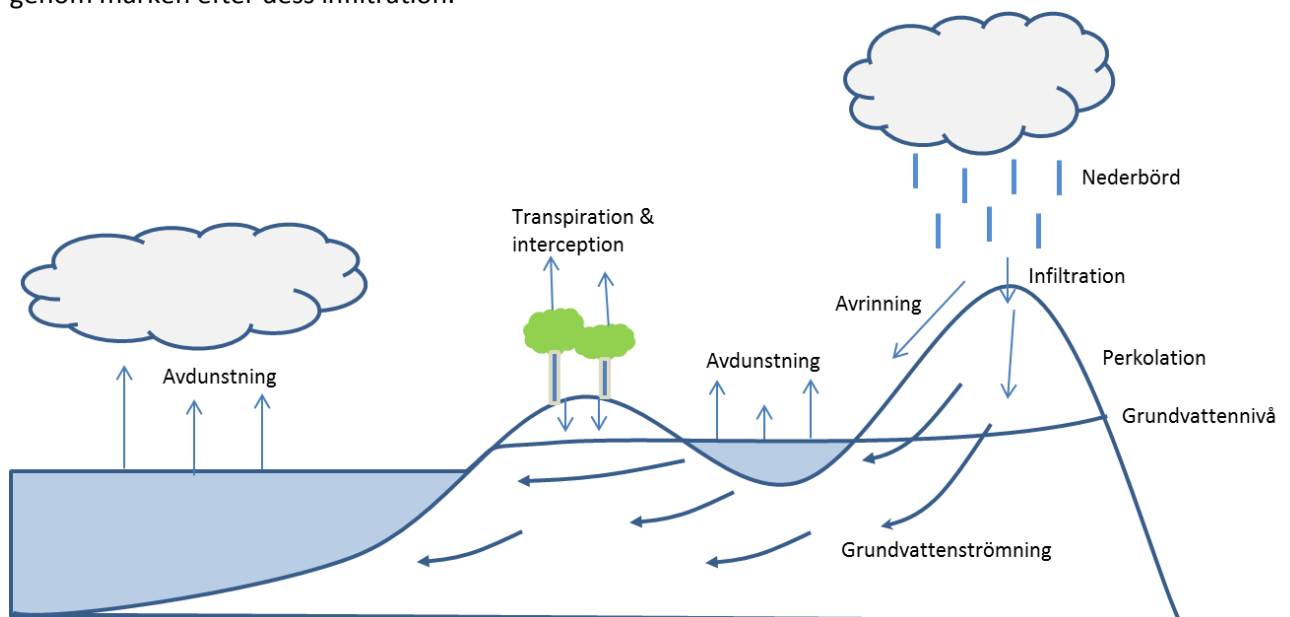
Litteraturstudie

Vattnets kretslopp

Vatten – en vital förutsättning för livets uppkomst och existens. Vattnet ingår i ett unikt kretslopp där vatten varken försvinner eller nybildas (Nordberg & Persson, 1979). I boken *Vårt vatten*, av Nordberg och Persson (1979) beskrivs drivkrafterna bakom detta unika kretslopp att vara solenergi, som får vattnet att avdunsta och åter spridas i form av nederbörd, och jordens dragningskraft som för vattnet mot markytans lågpunkter och haven. Castensson, Falkenmark, Lohm och Widstrand (1979) skriver att när vatten i form av nederbörd träffar markytan sker ett komplext samspel mellan vegetation, mark, luft och befintligt vatten, som avgör vattnets vidare väg. Vid naturliga förhållande kan vatten tas upp av vegetationens rötter, avdunsta, infiltrera ner i marken eller perkolera ned till grundvattnet. Figur 1 nedan illustrerar vattnets kretslopp och vattnets olika vägar.

Nordberg och Persson (1979) berättar att avdunstning, eller evaporation som det också heter, innebär att vatten i fast eller flytande form övergår till gasform, ånga. Avdunstningen kan ske från alla markytor och beror främst på temperatur, vind och den rådande luftfuktigheten. En annan form av avdunstning finner man hos vegetationen som har två sorters avdunstningsprocesser, transpiration och interception. Transpirationen utgör den största delen av avdunstningen. Transpiration innebär växternas vattenavgivning i gasform från växtens klyvöppningar. Det vatten som transpireras motsvarar minst 95 % av växternas vattenupptag och har tagits upp av växternas rötter och från omgivande luft. Interception innebär istället avdunstning av det vatten som fastnar ytligt i växtens bladverk.

Vattnets nedträngande genom markytan kallas infiltration och den vidare transporten genom marken kallas perkolation (Lind, 1991). Infiltrationen varierar med markens förmåga att släppa igenom vatten vilket bestäms av bland annat kornstorlekar och markstrukturen (Nordberg och Persson, 1979). Infiltrationen kan försvåras under vintertid då tjäle råder (Nordberg och Persson, 1979), men också av exempelvis packningsskador (Lind, 1991). Perkolation är vattnets rörelse genom marken efter dess infiltration.



Figur 1 visar vattnets kretslopp. Illustrerad av Josefine Rehn efter Nordberg och Persson (1979).

Holmstrand (1991) skriver att de levande organismer som finns i jorden är med och skapar goda förhållande genom att påverka markens vattengenomsläppande egenskaper och dess förmåga att hålla kvar och transportera vatten. Interaktionen mellan de naturliga processerna och markens organismer har skapat ett system som strävar efter att dämpa snabba variationer i vattensystemet. Nederbörden varierar naturligt med tiden och årstider, men genom att nästan all nederbörd infiltreras vid naturliga förhållande, i varierande hastigheter, dämpas variationerna hos t ex grundvattnet och/eller vattennivån i vattendragen.

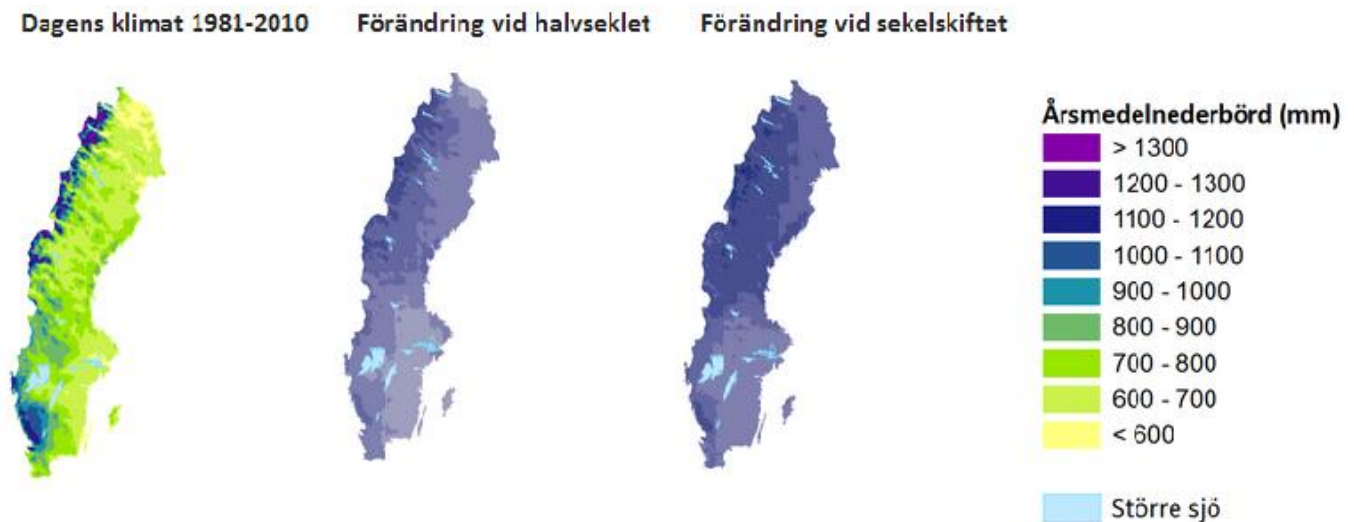
Klimatförändringar

Världen står inför en stor förändring gällande klimatet. En utredning har gjorts av SOU (2007) som visar att på grund av växthuseffekten kommer temperaturerna att öka globalt, nederbörden öka i intensitet och havsnivån kommer stiga. EPA, Environmental Protection Agency (2013), berättar att växthuseffekten innebär att växthusgaser, som koldioxid, ligger som ett skyddande lager i atmosfären som bibehåller en del av värmestrålningen från jordytan. Växthuseffekten är en nödvändig betingelse för liv på jorden. Ökande utsläpp av växthusgaser resulterar i att det skyddande lagret i atmosfären blir tätare och släpper inte ut lika mycket värmestrålning och temperaturen på jorden stiger.

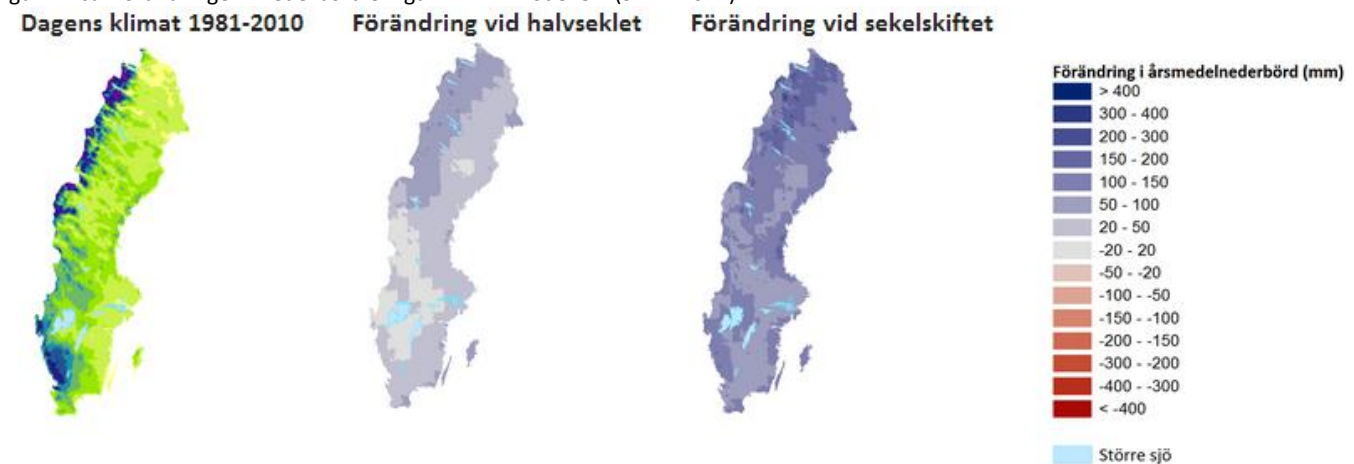
Statens offentliga utredningar, SOU (2007) skriver att Sveriges temperatur kommer att öka mer än genomsnittet, globalt sett. Medeltemperaturen väntas stiga 3 - 5°C i Sverige och många områden kommer få ett klimat liknande det i norra Frankrike. Mängden nederbörd kommer att öka i Sverige under höst, vinter och vår medan somrarna kommer att bli torrare och varmare, främst i södra Sverige. Enligt FN:s klimatpanel, IPCCs scenarier, kommer användningen av fossila bränslen att fortsätta att öka och mängden koldioxid kommer att vara minst det dubbla till år 2100 och därmed kommer växthuseffekten att fortskrida.

I enlighet med vad SOU (2007) skriver har utsläppen av partiklar i luften ökat, främst till följd av ökad förbränning. Den ökade mängden partiklar i luften har en avkylande effekt på jordytans temperatur och skyddar sannolikt en del av uppvärmningen som annars skulle ske.

Enligt SMHIs (2013) klimatberäkningar kommer intensiva regn att bli allt vanligare i Sverige. Figur 2 och 3 illustrerar tänkbara nederbördscenarion i Sverige idag, vid halvseklet och vid sekelskiftet. I *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter* (2007) av SOU, kan man läsa att nederbördsmängden beräknas öka med 20 – 50 mm i januari redan år 2020 i Sverige. Klimatanpassningsportalen (2012) menar att fram till sekelskiftet kommer andelen intensiva regn att ha ökat med 10 – 15 %. Vidare menar SOU (2007) att den nederbörd som faller under vintern kommer allt oftare att falla i form av regn istället för snö, som en effekt av den ökade temperaturen. Snö i Götalands kustområden kommer att bli allt mer sällsynt. Andelen regn med kraftigare intensitet beräknas också öka i hela Sverige, främst i de västra delarna. En ökad nederbörd kommer att resultera i högre flöden i vattendragen. Påverkan av de högre flödena kommer främst att märkas i norra Sverige och västra Götaland. Ökningen av kraftiga nederbördstillfällen innebär att dimensioneringen av dagvattensystemen och ledningarna måste beaktas (Klimatanpassningsportalen 2012).



Figur 2 visar förändringen i nederbörd enligt HADLEY modellen. (SMHI 2012).



Figur 3 visar förändringen i nederbörd enligt ECHAM modellen. (SMHI 2012).

Lokalt omhändertagande av dagvatten

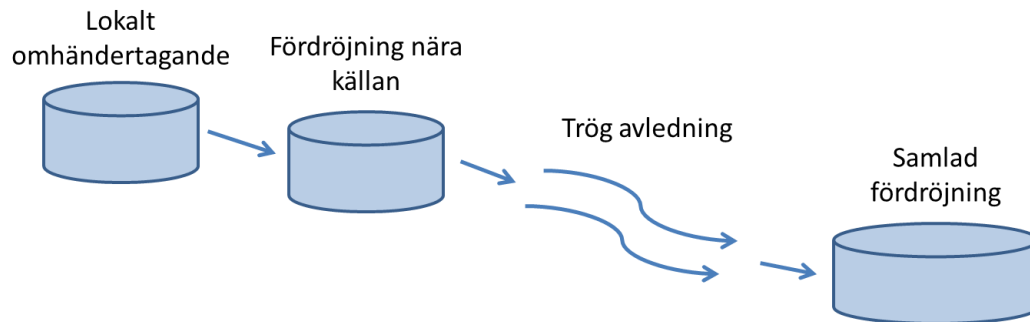
Definitionen av LOD varierar i litteraturen men en definition är

"Varje åtgärd syftande till att begränsa och/eller fördröja dagvattnets avrinning från ett område" (Berggren, 1991).

Begränsning innebär markens naturliga förmåga att tillgodose sig dagvattnet vilket kan ske genom avdunstning, infiltration följt av perkolation till grundvattnet och genom växternas transpiration (Berggren, 1991). Enligt Svenskt vatten (2011) skapades begreppet LOD, Lokalt Omhändertagande av Dagvatten, under 70-talet. Tanken bakom begreppet var att upprätthålla grundvattenytan i sättningskänsliga områden men också att mer generellt arbeta för en fördröjning av dagvattenavrinningen. Tankesättet med LOD var näst intill revolutionerande från dåtidens tankesätt med dagvattenhantering, nämligen att det skulle ledas bort så fort som möjligt. Svenskt vatten (2011) skriver vidare att många olika tekniska och kreativa lösningar testades med varierande resultat vilket ledde till att LOD-tekniken fick ett dåligt rykte på sina håll. I många fall har LOD också misstolkats till "att allt regnvatten ska tas omhand lokalt", men vad det egentligen innebär är att fördröja avrinningen och försöka efterlikna det naturliga vattenförloppet.

Svenska vatten- och avloppsföreningen, VAV (1983) menar att namnet LOD innebär att man tar hand om hela eller delar av nederbördsavrinningen så nära källan som möjligt som illustreras av

figur 4. LOD- anläggningar kan fungera på olika sätt och det är viktigt att man väljer rätt anläggning till rätt plats. Exempel på anläggningar är infiltrationsytor, perkolationsanläggningar, dräneringsledningar och fördröjningsmagasin. I de två första nämnda anläggningarna, utnyttjar man markens naturliga förmåga att ta emot vatten. Dagvattnet leds till ytor där det infiltreras och leds sedan ner till grundvattnet. Sedan VAVs publikation om LOD (1983) har det utvecklats en mängd nya system. Exempel på sådana system är gröna tak, genomsläppliga beläggningar och permeabel asfalt (genomsläpplig asfalt) (Svenskt vatten, 2011).



Figur 4 visar principen med LOD. Illustrerad av Josefine Rehn från Svenskt vatten (2011).

Berggren (1991) skriver att grovt sett finns det två olika LOD-tekniker. Den centraliserade tekniken innebär ett traditionellt dagvattensystem som avslutas med uppsamlande i ett dagvattenmagasin, exempelvis en damm där en viss del föroreningar renas och sedimenteras. Den centraliserade tekniken är mest lämpad till kommunala anläggningar. Den andra tekniken innebär en mer utbredd spridning av vattnet och infiltration över hela det aktuella området.

Faktorer och effekter av LOD

Enligt Larm (1994) finns det en mängd viktiga faktorer man måste ta med i bedömningen för användningen av LOD; strömningsprocesser i mark, jordartsförhållande (infiltrationsförhållande m m), grundvattenförhållanden, vegetationens förmåga att uppta föroreningar och det infiltrerade vattnets kvalitet.

Svenska vatten- och avloppsföreningen, VAV (1983) menar att många uppfattar LOD som en teknik där man genom infiltration och perkolation får dagvattnet att "försvinna", men vattnet måste ha någonstans att ta vägen efter den första infiltrationen. Då LOD- tekniken utnyttjar markens naturliga infiltrationsförmåga måste de geologiska förhållande i marken vara sådana så att vattnet kan transporteras genom de olika marklagren. Geohydrologiska undersökningar kan ge svar på markens förmåga att transportera vatten. Undersökningarna kan göra olika ingående beroende på var i planeringsfasen man är.

Berggren (1991) menar att när ett område byggs eller exploateras uppkommer ofta problem med vattenföringen i marken som följd av förändringen i områdets naturliga vattenbalans. Snabb avledning av vattnet leder till att marken inte kan utnyttja vattnet, vilket kan resultera i att närliggande vegetation tar stor skada. Förändringen i vattenbalansen kan vara en orsak till marksättningar.

Markstruktur och egenskaper

Berggren (1991) skriver att jordens förmåga att infiltrera vatten är störst precis under markytan där det råder högst biologisk aktivitet som har luckrat upp jorden och skapat ett naturligt magasin för vatten. Förmågan tenderar att minska längre ner i markprofilen på grund av minskad porositet och en högre vattenhalt. Lind (1991) berättar att när regnvatten når en

omättad markprofil kommer de tomma porerna att fyllas på med vatten. Om man bortser från tillfälliga vattenansamlingar kring markytan infiltreras majoriteten av regnvattnet vid ett nederbördstillfälle. Vid det tillfället då vattenhalten överstiger bindningstrycket kommer vattnet, med hjälp av gravitationen att röra sig nedåt i markprofilen. Mängden vatten som kan magasineras i jordens yttligare delar beror på hur uttorkad jorden är.

Korngruppsegenskaper

Eriksson, Nilsson och Simonsson berättar i Wiklanders marklära (2010) att naturligt skapade jordar består oftast av två till tre olika sorters korngrupper och får därmed en mängd olika egenskaper. En jord med mycket sten ökar täta jordars genomsläpplighet men sliter mycket på jordbruksredskap. När grus är den dominerande korngruppen får man en exceptionell genomsläpplighet hos jorden men också en mycket torr och mager jord. Sand erhåller liknande egenskaper som en grusjord d.v.s. mager, torr och extremt genomsläpplig. En finsand tenderar att bättre kunna hålla kvar vatten i kapillär form, jämfört med en mellansand, vilket skapar bättre förutsättningar för växtligheten. Grus och sand tillhör de jordar som kallas friktionsjordar, där jorden hålls ihop med hjälp av friktion mellan mineralkornen. När dessa jordar blir torra faller det lätt i sönder till sina enstaka partiklar. Vidare menar Eriksson et al (2010) att motsatsen till friktionsjordar kallas kohesionsjordar och består av leriga jordar. Leriga jordar har en mycket stark sammanhållning och en högre lerhalt betyder att den blir svårare att bryta sönder när jorden är torr. En tredje grupp av jordar är siltjordar eller finmo- och mjälajord som har en starkt vattenhållande egenskap. Dessa kallas ofta för flytjordar på grund av dess marginella kohesion mellan partiklarna och kan i vattenmättat tillstånd hamna i flytning. Det är viktigt att man skiljer på begreppen ler och lera eftersom ler är en korngrupp som har en diameter som är mindre än 2 μm , medan lera är en jordart som har en lerhalt på mer än 15 %. Redan vid låga halter ler, från 5 %, sätter ler en stark prägel på jorden. Jordar med mycket ler krymper när de blir torra och får en struktur som utgörs av klumpar och aggregat som skiljs från varandra av sprickor i jorden. Lerjordar har en mycket hög vattenhållande kapacitet då vattnet binds i både partikelytor, kapillärerna och i jordens sprickor.

Jordars hydrauliska konduktiviteter

Grip och Rodhe berättar i *Vattnets väg från regn till bäck* (1994) att en jordarts ledningsförmåga, eller hydrauliska konduktivitet är ett mått på jordens förmåga att leda vatten. Porsystemets uppbyggnad, porstorleksfördelning och jordens vattenhalt är faktorer som påverkar jordens ledningsförmåga. Med ökad porstorlek, ökar den hydrauliska konduktiviteten som kan avläsas i tabell 1 nedan. Utöver kornstorleken så spelar markens struktur en mycket viktig roll för vattenledningsförmågan. En viktig förutsättning för att jordens porer ska leda vatten är att de innehåller vatten. Konduktiviteten minskar därmed snabbt när en jord torkar men också för att de stora porerna töms först, som står för en stor del av vattenströmningen.

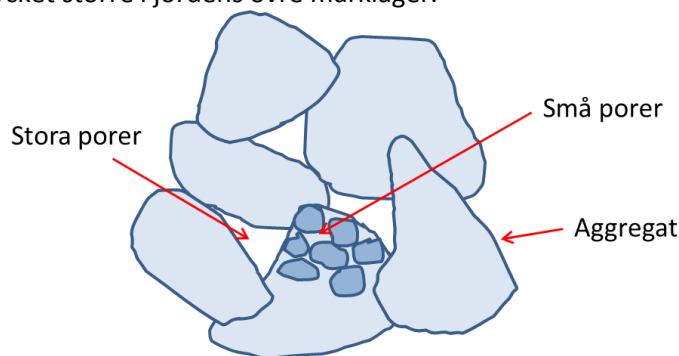
Tabell 1 Mättad hydraulisk konduktivitet (Fagerström & Wiesel, 1972 i Grip & Rodhe, 1994)

Jordart	Hydraulisk konduktivitet (m/s)
Fingrus	$10^{-1} - 10^{-3}$
Grovsand	$10^{-2} - 10^{-4}$
Mellansand	$10^{-3} - 10^{-5}$
Grovmo	$10^{-4} - 10^{-6}$
Finmo Grusig morän	$10^{-5} - 10^{-7}$
Sandig morän	$10^{-6} - 10^{-8}$
Mjåla Moig morän	$10^{-7} - 10^{-9}$
Lerig morän	$10^{-8} - 10^{-10}$
Lera Moränlera	$<10^{-9}$

Porositet

"Marken består till ungefär hälften av fasta partiklar, till hälften av hålrum. När jorden packas blir hålrummen mindre, och porvolymen minskar". (Arvidsson & Pettersson, 1995 s 10)

När packning sker minskar främst mängden grova porer, vilka har stor betydelse för markens dränering, infiltration och luftutväxling (Arvidsson och Pettersson, 1995). Figur 5 nedan visar hur jordens porsystem är uppbyggda. Vidare berättar Lind (1991) att i naturliga jordar är porositeten 50 – 80 % i de översta 30 cm av markprofilen. En stor del av dessa porer är så små att de inte kan dräneras med enbart gravitationen utan växternas rötter kan med hjälp av osmos suga upp vattnet från de allra minsta porerna. På större djup, djupare än 1 m är den effektiva porositeten lägre, mellan ca 3 – 10 %. Detta betyder att jordens förmåga att magasinera vatten är väsentligt mycket större i jordens övre marklager.



Figur 5 visar hur jordens porsystem är uppbyggt. Illustrerad av Josefine Rehn från Eriksson, Nilsson och Simonsson (2005).

Grundvattenytans läge

Larm (1994) skriver att om grundvattnet ligger nära ytan och marken är recipient för starkt förorenat vatten, är risken stor för att kvalitetsförsämringar sker hos grundvattnet. Det är mycket viktigt att försöka undvika att detta sker, eftersom grundvattnet är en mycket viktigt resurs för människan, floran och faunan. Vidare skriver Larm (1994) att många av föroreningarna som förekommer i dagvatten är bundna till suspenderade partiklar och kommer därför att avskiljas innan de når grundvattnet. Lösta ämnen och organiska föreningar, t ex olja och bensin kommer med största sannolikhet att transporteras ned till grundvattnet. Lind (1991) menar att en grundläggande förutsättning för att infiltration ska ske är att marken har en

omättad zon. Om det istället är en mättad zon kommer vatten att tränga upp genom markytan och det bildas öppna vattenansamlingar eller våtmarker. En omättad zon fyller två funktioner, att fungera som ett poröst medium som samlar och transporterar vatten och att göra lufttransport möjlig. Med lufttillförsel skapas bäst förutsättningar för marken att binda föroreningar och metaller i den omättade zonen. Fina partiklar som silt-lera har en mycket bra reningsförmåga tack vare sin elektriska laddning. En stor närvaro av silt-lerpartiklar ger därav en bättre reningseffekt men har en sämre genomsläpplighet.

"Infiltrationskapaciteten hos jordar med finare kornstruktur är grovt grus är starkt beroende av kompakteringsgraden. Infiltrationskapaciteten kan minska till hälften redan vid mycket måttlig kompaktering, t ex en gångstig". (Lind, 1991 s 24)

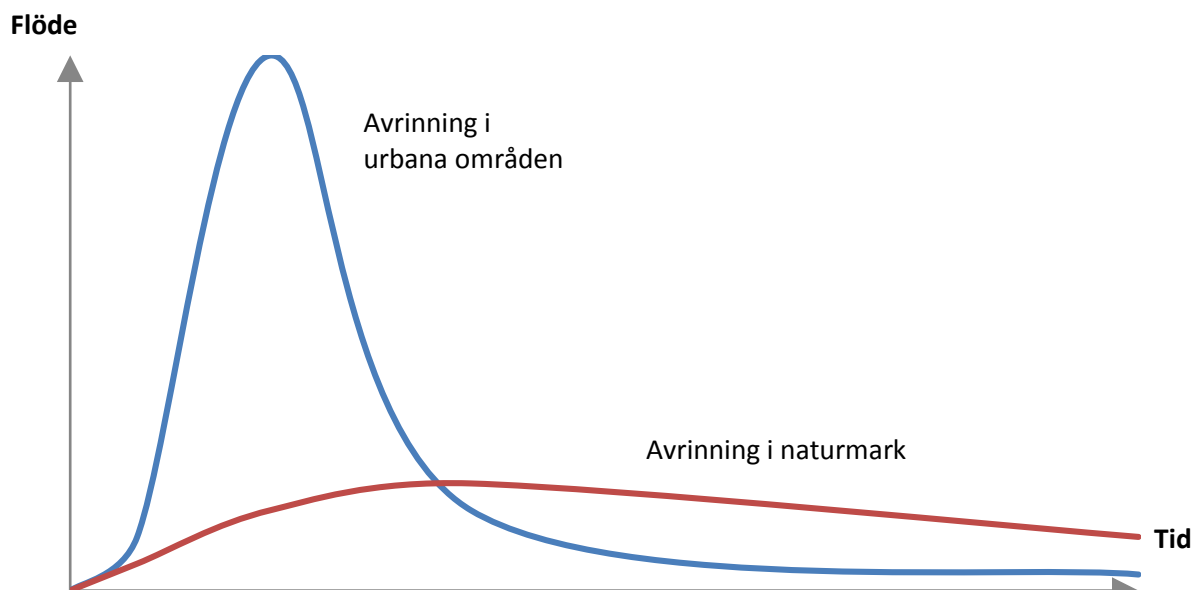
Vidare menar Lind (1991) att kompaktering med tunga maskiner kan göra en yta ogenomtränglig för ytvatten. När belastningen avstannat kommer genomsläppligheten succesivt att öka i det övre marklagret, tack vare de kemiska och biologiska jordmånsprocesserna. På större djup kommer kompakteringen att bestå under en mycket lång tid.

Dagvatten och dess påverkan

Larm (1994) menar att dagvatten definieras som det avrinnande regn- och smältvatten som kommer från tak och vägar. Tidigare betraktades dagvatten inte vara så smutsigt och förorenat som det är och avledningen skedde så fort som möjligt. Det urbana landskapet består till stor del av ogenomträngliga takytor och beläggningar som dagvattnet inte kan infiltrera i.

Förtätning och avloppssystem

I områden som innehar en någorlunda naturliga vegetations- och markförhållande infiltreras majoriteten av regnvattnet ned i marken, åtminstone tillfälligt (Holmstrand, 1991). När regnvattnet infiltreras ner i marken renas vattnet från många föroreningar, medan inne i staden råder det helt annorlunda förhållanden (Pettersson, 1983). Vidare menar Pettersson (1983) att mängden täta ytor i staden är mycket stor och en stor mängd av dagvattnet kommer behöva ledas till olika ledningssystem. Stahre (2004) skriver att förtätningen i våra städer och exploateringen av nya områden bidrar till att grönyttorna minskar och andelen ogenomträngliga beläggningar ökar. Som följd av detta får vi en minskad naturlig infiltration och ökad ytaavrinning som illustreras i figur 6.



Figur 6 visar avrinningen i urbant område respektive naturmark. Illustrerad av Josefine Rehn från Stahre (2004).

Holmstrand (1991) menar att en traditionell dagvattenhantering ofta innebär slutna ledningssystem där det fundamentala syftet är att ytorna ska vara så väl-dränerade så att vattenansamlingar inte uppstår. Följderna av en traditionell dagvattenhantering innebär minskad infiltration i marken vilket ger en lägre grundvattennivå vilket kan resultera i sättningsskador. Anläggningskostnaden av dagvattenledningar är mycket stor då ledningarna dimensioneras för att klara kortvariga men stora flödestoppar. Följden av detta blir att ledningarna ofta står tomma. Enligt Larm (1994) så kan dagvatten avledas i två olika system nämligen duplikata system eller kombinerade system. I de duplikata systemen avleds dagvatten i separata ledningar och släpps oftast direkt ut till recipienten. I de kombinerade systemen blandas dagvattnet med spillvatten, det från vattenkranar m m, och skickas till reningsverk. När vattnet från de kombinerade systemen kommer till reningsverken kan det bli problem då dagvatten ofta kommer stötvis. Stahre (2004) menar att medan tätorterna expanderar tillförs allt mer dagvatten till ledningssystemen. Risken för att ledningarnas kapacitet ska överskridas ökar, vilket redan är ett problem i många städer. Vid intensiva regn kan tillfälliga överbelastningar ske på avloppssystem och i de fallen att det används kombinerade system kan detta leda till att avloppsvatten trycks upp i källare m m.

Dagvattnets miljöpåverkan

Hogland (1991) skriver att kvaliteten på dagvattnet varierar ofta från ett regntillfälle till ett annat men även inom ett regntillfälle. Man kan räkna med vissa årstidsvariationer framför allt hos COD (kemisk syreförbrukning) och bly som tenderar att öka kraftigt under vinterhalvåret. Mängden dagvatten är som störst under vintern och hösten vilket innebär att uttransporten av föroreningarna i dagvattnet är som störst under denna period. Malmqvist, Svenson & Fjellström (1994) menar att hur dagvattnets föroreningsinnehåll påverkar marken och grundvattnet genom infiltration har kommit allt mer i fokus. När duplikata system används, släpps ofta dagvattnet direkt ut till recipienter som ofta består av små bäckar eller vikar. Storleken och omsättningen av vatten hos recipienten har mycket stor betydelse för hur recipienten klarar av dagvattnets föroreningar. Är det en liten recipient kommer även de minsta avrinningarna av dagvatten att ha betydelse. Bramryd (1991) berättar att många tungmetaller lätt ackumuleras i organiska material vilket bidrar till att halterna av tungmetaller i sediment kan bli höga med tiden. Via slamätande organismer sprids gifterna sedan vidare till fiskfaunan. Då många gifter inte bryts ned kommer koncentrationen av giftiga tungmetaller och föroreningar stegvis att öka. Larm

(1994) berättar att det är inte bara föroreningarna som påverkar recipienten utan även människans hantering av dagvatten. Avledningen innebär ofta att de naturliga vattenvägarna ändras vilket medför en mindre vattenmängd i ett vattendrag och mer i ett annat. Urbaniseringen leder till en minskad infiltration av dagvatten vilket resulterar i en lägre grundvattennivå och reducerade basflöden till vattendrag. Vid låga flöden begränsas utspädningsförmågan och vattnets kvalitet blir därmed sämre. Minskad vattenmängd kan resultera i syrebrist i vattendragen som påverkar det marina livet. En ökad vattenmängd, på grund av den ökade avrinningen i den urbana miljön, leder till en ökad erosionsrisk vilket förstör många habitat.

Vägdagvatten och dess sammansättning

Vägdagvatten definieras som dagvatten som uppkommer på vägytor och övriga hårdgjorda ytor som finns inom vägområdet (Karlsson, 2011). Malmqvist et al (1994) hävdar att föroreningarna i dagvattnet kommer från trafikens oljeläckage, avgaser, slitage av vägbana och däck samt korrosion. En mängd kolväten och tungmetaller kommer från asfalt och från dubbdäck kommer tungmetaller när dubbarna slits ned. Folkesson (1994) menar att mängden föroreningar som transporteras med vattnet varierar kraftigt av en mängd parametrar där de viktigaste är trafiktyp, trafikvolym, dräneringsförhållande, vägytans beskaffenhet, drift- och underhållsåtgärder samt avrinningsområdets sammansättning vid tätortsmiljö. Trafikvolymen är troligen den största parametern som påverkar vägdagvattnets sammansättning. En ökad trafikvolym visar dock inte en linjär ökning av mängden föroreningar i vägdagvattnet då väg- och trafikrelaterade föroreningar transporteras på fler sätt än via dagvattnet. Dagvatten som kommer från asfalterade ytor har ofta en mörk grå-svart färg vilket indikerar en hög partikelhalt i vattnet.

Vägdagvattnets innehåll

Enligt Folkesson (1994) är den komplexa blandningen av föroreningar och organiska ämnen karaktäristiskt för vägdagvatten. De ämnen som studerats mest är BOD (biologisk syreförbrukning), kadmium, COD (kemisk syreförbrukning), krom, koppar, järn, HC (kolväten) kväve, nickel, fosfor, bly, TSS (total mängd suspenderade partiklar), zink och coliforma bakterier. Även klor och natrium förekommer där kemisk halkbekämpning används. Det finns studier som visat att i de urbana avrinningsområdena där genomfartsleder endast upptar 5-8 % så svarar dessa vägar för 50 % av mängden suspenderade partiklar, 16 % av kolvätena och 35-75 % av metallerna som sedan tillförs till urbana vattendrag (Ellis & Revitt, 1991 i Folkesson, 1994). Vidare menar Folkesson (1994) att rent kemiskt är det inga större skillnader i storleksordning mellan föroreningarna i landsbygdsmiljö och tätortsmiljö d v s att föroreningarna är samma i staden som på landsbygden. De små skillnaderna som återfinns är att natrium och fosfor har högre halter på landet medan mängden svärnedbrutet material är högre i städerna. En stor del av föroreningarna är partikelbundna, vilket gör det lättare att avskilja dem genom filtrering eller sedimenteringsdammar (Karlsson, 2011). Näringsämnen som kväve och fosfor tenderar att förekomma i jonform vilket gör dem svårare att avskilja (Svensson, 1998). Mängden föroreningar i vägdagvattnet varierar stort, då de är mycket platsspecifika (Bjelkås & Lindmark, 1994).

First flush och transport

Regn med en hög intensitet ger högre föroreningshalter jämfört med ett regn med en låg intensitet (Malmqvist et al 1994). Folkesson (1994) skriver att föroreningsbelastningen är högre i början av ett kraftigt nederbördstillfälle, i en så kallad *first flush*. Anledningen till att halten av föroreningar är högre i början är att en stor mängd av de föroreningar som har ansamlats under en tid, blir bortförda i ett tidigt skede. Har det varit en längre torrperiod är vattnet ofta extra

förorenat vid första regnet. En first flush kan vara ödesdigert för en känslig recipient. Enligt Trafikverkets rapport om *Rening av vägdagvatten* (Svensson, 1998) räknas en first flush att vara de 10 – 15 första millimetrarna regnvatten.

De föroreningar som har sitt ursprung från vägen kan spridas på tre olika sätt; via luften, via dagvattnet eller i form av stänk (Bjelkås och Lindmark, 1994). Transportsättet kan variera mellan olika ämnen (Folkesson, 1994) och partiklarnas storlek (Bjelkås och Lindmark, 1994) vilket ger en stor variation hos olika ämnens transportsträckor.

Bjelkås och Lindmark (1994) menar att transport via luft sker i gas eller aerosolform, små partiklar som är suspenderade i gasform, och kan ske över varierande distanser. Tunga och stora partiklar deponeras direkt vid vägytan medan lätta och små partiklar kan transporteras över långa distanser. Normalt sett är det området närmst vägen, 0-100 m från vägen, som påverkas av trafikens avgasutsläpp. Vidare menar Bjelkås och Lindmark (1994) att partiklar som är större än 100 µm deponeras direkt på vägen och påverkar därmed inte luften.

I vatten sker transporten i jonform och uppslammade ämnen och partiklar. I de fall avrinningen sker på vägens sidoområden menar Karlsson (2011) att infiltration ofta följs av perkolation ner till grundvattnet. En del av föroreningarna avsätts i vägslänten och ovan marken men många kvarstår. Nyanlagda asfaltsvägar och parkeringar är i princip ogenomträngliga för vatten, vilket innebär att större mängder vatten rinner av ytan, än om det är en något äldre beläggning som har temperatursprickor, frostsprängningar och utmattningsbrott (Bjelkås och Lindmark, 1994).

Bjelkås och Lindmark (1994) menar att stänk innebär det däcksprut som transporterar iväg föroreningar ut i vägkanten. Eftersom vattendropparna är mycket små kan de transporteras iväg mycket långt. Största mängden av stänket hamnar inom 10-20 m från vägbanan (Karlsson, 2011). Salt sprids ofta rikligt i form av stänk vilket får negativa effekter på vegetationen (Bjelkås och Lindmark, 1994).

Föroreningar och dess påverkan

Enligt Holmstrand (1991) brukar föroreningar definieras som något som är skadligt för levande organismer i alla dess former. Många föroreningar finns naturligt i naturen. De naturliga föroreningarna är dock i sådana halter att de flesta organismer inte skadas avsevärt. Människans snabba omsättning och omvandling av råvaror och dess avsiktliga eller oavsiktliga spridning orsakar dock stora problem. Under en lång tid använde man föroreningsfilosofin att med höga skorstenar och långa ledningar ut i vattnet så löstes problemet. Idag använder vi oss istället av reningsfilosofin som samlar föroreningarna på ett koncentrerat ställe. Människans användning av naturfrämmande ämnen kan leda till att mycket måste så kallat slutförvaras. Med tiden har allt fler insett att den enda lösningen är att avlasta ekosystemet och minska användningen av naturfrämmande ämnen.

"Eftersom människan är en del av ekosystemet är hennes överlevnad beroende av att detta ekosystem lever vidare utan alltför stora förändringar. Var gränsen för acceptabla förändringar går vet ingen, möjligen har den redan passerats och människan är lika dödsdömd som en gång dinosaurierna. Ändå fortsätter de tongivande makthavarna att förespråka ekonomisk tillväxt, väl medvetna om att detta leder till ökad produktion av naturfrämmande ämnen". (Holmstrand, 1991 s 3-4)

Intresset för föroreningar och främst partiklar har ökat kraftigt de senaste åren (Trafikverket, 2012 c). Partiklar kan ge upphov till hjärt- och kärlsjukdomar och även luftvägssjukdomar. Många av de skadliga partiklarna kommer från förbränningen av drivmedel i trafiken men också

från slitage av väg och däck (Trafikverket, 2012d). Tabell 2 nedan visar varifrån olika partiklar härstammar och tabell 3 visar föroreningshalternas betydelse. Partiklarna är så små att de passerar flimmerhåren, vars funktion är att stoppa partiklar från att komma ner till lungorna, och deponeras i lungorna (Trafikverket, 2012 c). Inandningsbara partiklar anses ha en storlek på 10 mikrometer. Luft som innehåller partiklar av denna dimension betecknas ofta PM₁₀ (Naturvårdsverket, 2013).

Tabell 2. Beståndsdelar i vägdragvatten och dess primära källor (Ellis och Revitt, 1991 i Lundberg och Lindmark, 1994)

Beståndsdel	Källa
Suspenderat material	Vägslitage, trafik, atmosfär, vägunderhåll, halkbekämpning
Bly	Bensin (avgaser och läckage), däckslitage, smörjolja, fett, rostskyddsmedel
Zink	Däckslitage, olja, fett
Kadmium	Däckslitage, bekämpningsmedel från jordbruk
Koppar	Pläterad metall, rörliga motordelar, bromsbeläggningsslitage, bekämpningsmedel från jordbruk
Krom	Kromade metalleder, bromsbeläggningsslitage, rörliga motordelar, vägmarkeringar
Nickel	Diesel, bensin, smörjolja, bromsbeläggningsslitage, asfaltsbeläggning
Järn	Korrosion, skyddsrean, rörliga motordelar, järnhaltiga jordar
Mangan	Rörliga motordelar, manganhaltiga jordar
Brom	Halkbekämpningsmedel, avgaser
Cyanid	Halkbekämpningsmedel
Klorid	Halkbekämpningsmedel
Sulfat	Diesel, bensin, halkbekämpningsmedel, väghyvling, surt regn
Kolväten	Smörjoljor, fett, diesel, bensin, kylvätskor, hydraulolja, asfaltsbeläggning
Gummi	Däckslitage
Bakterier	Avfall, fågel- och djurspillning, djurhållning

Tabell 3. Föroreningskällornas relativa betydelse för föroreningshalterna i dagvatten(enligt skalan dominerande-stor-någon-liten). Avser dagvatten från större, sammansatta områden (Malmqvist et al, 1994)

Källa	COD	Kväve	Fosfor	Bly	Zink	Koppar
Trafik	Dominant	Någon	Liten	Dominant	Någon	Någon
Korrosion/erosion	Någon	Liten	Någon	Liten	Stor	Dominant
Regn, stoftnedfall	Någon	Stor	Någon	Någon	Stor	Någon
Lokala aktiviteter	Liten	Någon	Stor	Liten	Liten	Liten

Vissa föroreningar är starkt årstidsberoende. På grund av ökad uppvärmning under vintertid ökar luftföroreningarna och nedfallet (Malmqvist et al, 1994). Halterna av COD, bly, natrium och klor tenderar att öka under vintern bland annat på grund av användning av dubbdäck och halkbekämpning (Folkesson, 1994).

Suspenderat material

Suspenderat material (suspended solids, SS) beskrivs som ett mått på de organiska och oorganiska partiklar som kan sedimentera (Göta älvs vattenvårdsförbund, 2011). Suspenderat material är en mycket viktig parameter gällande vattenkvalitet eftersom många föroreningar och tungmetaller binder sig till de suspenderade partiklarna (Larm, 1994). Variationen av mängden suspenderat material i dagvattnet kan vara mycket stor beroende på områdets användning, storlek och ytornas utformning. Regnets intensitet avgör också hur mycket suspenderat material det finns i dagvattnet (Malmqvist et al. 1994). Suspenderade partiklar avskiljs lättast genom sedimentation eller filtrering genom porösa material (Lundberg och Lindmark, 1994).

Olja

Motorfordon förbrukar främst drivmedel och smörjolja när de används men det förekommer även läckage av diverse oljor och fett. De oljor och fett som används innehåller stora mängder av tungmetalltillsatser, främst äldre oljor (Bjerkås och Lindmark, 1994). Det dagvattnet som rinner av från industriområden har visat sig innehålla högre halter av olja än många andra områden (Malmqvist et al, 1994).

Bakterier

Förekomsten av coliforma bakterier i dagvattnet kan variera stort och beror till största delen på föroreningskällan. En hög halt av termotabila coliforma bakterier kan vara en indikation på inblandning av spillvatten (Malmqvist et al, 1994). Enligt en studie från USA är mängden coliforma bakterier avsevärt mycket högre under varma perioder (Larm, 1994). Avskiljning av bakterier sker enklast genom sedimentation eller filtrering (Lundberg och Lindmark, 1994).

Avgaser och kolväten

Avgaser från trafiken är den största källan till många av föroreningarna som finns i dagvattnet (Folkesson, 1994). Trafikens avgaser innehåller en mycket stor variation av organiska substanser och däribland kolväten (Pettersson, 1983). När bensin förbränns i en bensinmotor bildas kvävgas, koldioxid, vatten, kolväten, kväveoxider och kolmonoxid. De substanserna som är mest omtalade är koldioxid, kväveoxider, partiklar och kolväten, trots att de endast står för en bråkdel, ca 1-2 % av utsläppen från en bensinmotor (Volkswagen, år okänt).

"Kolväten är ett sammanfattande namn på en stor mängd föroreningar" (Pettersson, 1983 s 5). Beroende på temperatur och källa kan kolväten förekomma i gasform eller partikelform. Vidare menar Pettersson (1983) att användningen av lösningsmedel samt trafiken är de största källorna till utsläpp av kolväten.

År 1989 infördes en obligatorisk användning av avgasrenare, katalysatorer, på personbilar vilket har resulterat i en minskad mängd av kolväten (Pettersson, 1983). Efter införandet av katalysatorer kan man se en stadig minskning av alla föroreningar som bildas från trafiken, bortsett från koldioxid som snarare ökar (Volkswagen, år okänt). I tabell 4 kan man utläsa effekterna av olika sorters drivmedel både på lokal nivå och globalt. I dokumentet *Motor Vehicle Exhaust Emissions* från Volkswagen resonerar man kring att utsläppen av koldioxid är proportionerligt mot bränsleförbrukningen. Trots utvecklad teknologi och minskad bränsleförbrukning ökar koldioxiden. Anledningen till detta är att mängden fordon ökar. Som nämnts tidigare ökar många luftföroreningar under vinterhalvåret, mest beroende på ökad användning av choke (hjälp vid kallstart) och dubbdäcksanvändning (Lundberg och Lindmark, 1994). En bidragande faktor till detta är också att trafikens katalysator inte börjar verka förrän den kommer upp i arbetstemperatur, runt 300°C (hos bensindrivna bilar) (Volkswagen, år

okänt). Risken att organiska ämnen förorenar grundvattnet är mycket större, än hos metalljoner, eftersom organiska ämnen inte behandlas i naturliga processer i jorden (Lundberg och Lindmark, 1994). De menar vidare att kolväten behandlas lättast genom sedimentation eller filtrering, gärna i organiskt material som torv. Den lösliga andelen bensin behandlas effektivast med biologisk nedbrytning.

Tabell 4 visar en jämförelse av olika drivmedel och dess påverkan globalt och lokalt (Konsumentverket 2013)

Typ av fordon eller drivmedel	Lokal miljöpåverkan jämfört med motsvarande konventionellt bensinfordon	Global miljöpåverkan jämfört med motsvarande konventionellt bensinfordon
Elfordon	Inga avgasutsläpp	Väldigt låg om förnyelsebar energi används – om kolkraft istället som bensinbil
Biogas	Oftast lägre utsläpp av partiklar, kväveoxider och reaktiva kolväten	Minskning med ca 75 %
Naturgas	Se biogas	Minskning med ca 20 %
Etanol, E85	Lägre kväveoxidutsläpp	Minskning med ca 40 %
Elhybrid	Lägre kolväte- och kväveoxidutsläpp	Minskning med 20 % - 30 %

Däck

Forskning har visat att de partiklar som uppstår vid friktionsslitning mellan vägbana och däck är en stark källa till de stora mängderna PM₁₀ i gaturummet (Gustafsson et al.2009). Enligt Continental (2008) varierar däckens innehåll med däckens storlek och om det är sommar- eller vinterdäck. Somnardäck består av 41 % naturligt eller syntetiskt gummi, 30 % fillers, 15 % förstärkande material av stål, polyester och nylon, 6 % mjukningsmedel, 6 % kemikalier som används vid vulkanisering däribland zink, och 2 % åldersförhindrande medel och andra kemikalier. I VTIs rapport om nanopartiklar från slitage av däck och vägbana av Gustafsson et al (2009) menar man att slitagepartiklar är förhållandevis stora (> 0,5 µm) jämfört med förbränningspartiklar från trafikens avgaser. Försök som genomförts av VTI har visat att slitage mellan däck och vägbanan bildar ultrafina partiklar i storleken 30 – 50 nm. Resultatet visar att denna fraktion av partiklar endast uppstår vid användning av dubbdäck. Försöket visade också att submikrona partiklar (< 1 µm) bildas vid användning av dubbfria vinterdäck, vilket kan innebära att dessa partiklar bildas vid friktion mellan däck, oavsett sort, och beläggning. Gustafsson et al (2009) menar att gummiblandningens mjukhet samt förmåga att komma upp i temperatur, hos främst dubbdäck kan bidra till minskad partikelbildning. Vid högre temperaturer blir gummit mjukare och dubben sviktar inåt jämfört med hårt gummi, medan hos somnardäck ökar mängden grova partiklar med ökad temperatur. Dubbdäck står för den största bildningen av grova partiklar (2,5 – 10 µm) där dubbutsticket kan vara en varierande faktor. Somnardäck bildar också grova partiklar men ej i samma utsträckning. Högre hastigheter ger en ökad emission av PM₁₀ partiklar. I en undersökning har det visats att däckslitage ger ca 94 % stora, ej luftburna partiklar, mindre än 5 % luftburna partiklar och ca 1 % gaser, främst i form av kolväten (Löfroth år okänt, i Pettersson, 1983).

Vägbeläggning

Lindgren (1990) i Bjelkås och Lindmark (1994) menar att asfaltsbeläggning som slitlager är det vanligaste på våra svenska vägar. Asfalt består av 95 % stenmaterial i form av makadam, sand, grus, filler och stenmjöl. För att hålla ihop beläggningen tillsätts ett bindemedel av bitumen. Bitumen bildas vid destillation av råolja. Mängden slitningspartiklar beror på vilken typ av

beläggning man har, exempelvis ger en betongbeläggning mindre stoft än en asfaltsyta (Pettersson, 1983). Föroreningshalterna i dagvatten som runnit av från en asfaltsyta kan ses i tabell 5.

I en rapport från VTI kan man läsa om en redogörelse för skillnaden i mängden slitagepartiklar från gummiinblandade asfalter jämfört med en vanlig, stenrik asfalt (Gustafsson, Blomqvist, Bennet, 2011). En så kallad GAP11 (gummiasfalt med partikelsprång) och GAÖ11 (öppen gummiasfalt) jämfördes med en referensbeläggning av ABS11 (stenrik asfaltbetong). Försöket resulterade i att GAP11 hade 20 – 25 % lägre halter av PM₁₀ än hos en vanlig asfalt medan GAÖ11 inte visade någon större skillnad.

Tabell 5. Föroreningshalter i dagvatten från asfaltsytor (Malmqvist et al 1994)

Ämne	Trafikerad gata	Parkeringsyta
Suspenderat material	100-600 mg/l	20-100 mg/l
COD	150-250 mg/l	100-200 mg/l
Bly	100-200 µg/l	30-150 µg/l
Koppar	50-100 µg/l	50-100 µg/l
Kadmium	2-4 µg/l	2-4 µg/l

Kväve och fosfor

Näringsämnena kväve och fosfor är mycket viktiga för växter och dess utveckling. Vid användning av näringsämnena kan koncentrationerna bli för höga och orsaka övergödning i vattendragen, vilket resulterar i algbloomning och igenväxning (Lundberg och Lindmark, 1994). Som tidigare nämnts förekommer ofta kväve och fosfor i jonform vilket gör dem svårare att avskilja (Svensson 1998). Vidare menar Lundberg och Lindmark (1994) att för en reduktion av dessa näringsämnen är sedimentation eller upptagning och bortförande av växtbiomassa lämpligt. Denitrifikation fungerar också men endast för kväve. Anläggning av våtmark är mycket effektivt för reduktion av dessa näringsämnen, förutsatt att de sköts på rätt sätt. När vattenflödet bromsas upp kan näringsämnena sedimentera eller upptas av växt- och djurliv. När växterna vissnar och bryts ned kommer dock näringsämnena att återgå till systemet om de inte förs bort.

Bly

Den troligen mest debatterade metallen i trafiksammanhang är bly. Tack vare en strängare lagstiftning har bly-spridningen minskat (Pettersson, 1983). En stor nedgång av bly beror på övergången till blyfri bensin (Lundberg och Lindmark, 1994). Vidare menar Pettersson (1983) att en stor del av det bly som finns i trafikmiljön är i olöslig form. Förorenande bly i löst form har uppmätts vara mellan 5 – 50 %, där den stora variationen troligen beror på att löst bly transporteras bort snabbare med dagvattnet än det bly som är i fast form. Bly i fast form förekommer främst som adsorberade till andra suspenderade partiklar. När bly binder sig till andra partiklar blir det en mycket stark bindning som gör det mycket svårlöst.

Zink

Zink förekommer i däck och främst vid vulkaniseringen av däck och anses därför vara en orsak till att zink återfinns i dagvattnet (Pettersson, 1983; Folkesson, 1994). En annan bidragande faktor till zinkhalten i vattnet är användningen av förzinkade produkter i vägmiljö i form av belysningsstolpar och skyltar (Malmqvist et al, 1994). Malmqvist et al menar att korrosionen av zink har minskat mycket på grund av den minskade mängden svaveldioxid i atmosfären. Svavel är inte den enda faktorn som avgör korrosionshastigheten men har en hög bidragande faktor. Folkesson (1994) menar att material som innehåller zink också innehåller en viss mängd kadmium.

Salt

Klorider används vid halkbekämpning under vinterhalvåret (Bramryd, 1991).

"Kloridjonerna tas upp direkt av växternas rötter medan natriumjonerna hämmar växtens upptagningsförmåga av andra nödvändiga joner. Natrium kan även anrikas i växternas rötter och stamdelar. Natriumförgiftning visar sig som minskad bladyta och mörkare gröna blad. Klorid ansamlas i bladen och kan visa sig som bladförtjockning". (Hogland, 1991 s 55)

Lind och kastanj, som är vanliga alléträd är speciellt känsliga för vägsalt (Bramryd, 1991). Tillförsel av kloridhaltigt vatten kan resultera i jonbytesreaktioner hos markkolloiderna som kan medföra att viktiga näringsämnen urlakas från marken (Larm, 1994). Folkesson (1994) menar att salt påverkar även tungmetallers rörlighet i marken. Natrium löser upp det naturligt förekommande materialet som finns i marken och bildar mindre, mer lättlösliga organiska föreningar som ökar rörligheten hos tungmetallerna.

Rening och infiltration

Traditionellt sett har dagvattenhanteringen varit koncentrerat på att ta hand om mängden dagvatten istället för kvaliteten, men på senare år har kvaliteten hamnat mer i fokus (Lundberg och Lindmark, 1994). Svensson (1998) menar att de föroreningar som är av störst intresse att rena är tungmetaller, COD, BOD, näringsämnen och toxiska organiska ämnen. Som tidigare nämnts är många ämnen bundna i partikelform men vissa ämnen finns även i jonform och är därför svårare att avskilja.

Lundberg och Lindmark (1994) beskriver att i Vägverkets handbok som behandlar yt- och grundvattenskydd (1998) introduceras en metod för konsekvensklassning, som kan användas som vägledning för val av åtgärds metod. Konsekvensklassen visar sårbarheten sammanvägt med recipientens värde. Mer om konsekvensklassificering kan man läsa i Vägverkets publikation Yt- och grundvattenskydd 1995:1. Med hjälp av konsekvensklassificeringen kan en bedömning göras på hur vägdagvattnet ska renas. Lundberg och Lindmark (1994) menar att för vägdagvatten finns fyra olika sorters reningsprocesser som visat sig vara kostnadseffektiva: vegetativa metoder, infiltrationsanläggningar, våtmarker och våta fördröjningsdammar. Tabell 6 redogör för de olika reningsprocesserna. De olika behandlingsåtgärderna kan med fördel användas i kombination men fungerar även som enskilda åtgärder.

Tabell 6. Reningsmekanism för olika föroreningar i respektive behandlingsmetod (Dorman et al. 1988 i Lundberg och Lindmark, 1994)

Förorening	Vegetativa metoder	Våta fördröjningsdammar	Infiltrationsanläggningar	Våtmarker
Tungmetaller	Filtrering	Adsorption Sedimentering	Adsorption Filtrering	Sorption Sedimentering
Toxiska organiska kemikalier (PAH, PCB mm)	Adsorption	Adsorption Sedimentering Biol. nedbrytning Avdunstning	Adsorption Biol. nedbrytning	Adsorption Sedimentering Biol. nedbrytning Avdunstning

Näringsämne	Växtabsorption	Växtabsorption	Absorption	Växtabsorption
Partiklar	Filtrering	Sedimentering	Adsorption	Adsorption Sedimentering
Olja och fett	Adsorption	Adsorption Sedimentering	Adsorption Sedimentering	Adsorption
BOD	Biol. Nedbrytning	Biol. Nedbrytning	Biol. Nedbrytning	Biol. Nedbrytning

Vegetativa reningsmetoder

Vegetativa metoder använder sig av den naturliga infiltrationshastigheten hos jorden och dess vegetation (Lundberg och Lindmark, 1994). Bramryd (1991) menar att om starkt förorenat dagvatten ska infiltreras på en gräsyta bör marken ha en hyfsat hög lerhalt för att marken ska klara av att binda tungmetallerna. Konsekvensen av detta blir en sämre infiltrationsförmåga. En markprofil som har en högre sandhalt kan klara av att rena det dagvattnet som kommer från ytor med en lägre föroreningsbelastning exempelvis regnvatten från tak förutsatt att taket inte består av miljöstörande ämnen. En viss försiktighet bör beaktas vid infiltrering av dagvatten med hög tungmetallhalt då det kan skapa störningar av den ekologiska balansen i marken. Tungmetaller tenderar att störa de mikrobiella processerna vilket resulterar i en minskad nedbrytning av förorenat material.

Våta fördröjningsdammar

Lundberg och Lindmark (1994) menar att dammens kanske främsta roll har varit som utjämnare av dagvattenflöden från staden, men rening har också visat sig vara effektiv i dammar. Dammar fyller också en estetisk och förskönande funktion. Fördröjnings- eller sedimenteringsdammar är den vanligaste behandlingsformen av vägdagvatten i Sverige men också internationellt (Svensson 1998). Vidare menar Lundberg och Lindmark (1994) att dammar kännetecknas av öppet vatten medan våtmarker har mer rik vegetation. Gränsen mellan våtmark och damm är dock diffus. För att fördröjningsdammar ska fylla en renande funktion ska de ha en mycket lång fördröjningstid på vattnet, från veckor upp till månader. På denna tid hinna metaller och fosfor sedimenteras och mycket av kvävet har reducerats med hjälp av denitrifikation. Dammens djup bör vara mellan 1 – 2 m för bäst effekt (Svensson, 1998). Vidare menar Svensson att om vägar finns i anslutning till fördröjningsdammar är en separat oljeavskiljare att rekommendera för att förhindra att olja sprids.

Våtmarker

I skriften *Rening av vägdagvatten* av Lundberg och Lindmark (1994) beskrivs att marker som ständigt påverkas av grundvatten och har utvecklat en flora anpassad för mikroklimatet kallas våtmarker. Mossor och kärr är exempel på några av de naturliga våtmarker som finns. Näringsämnena från föroreningarna tas upp av biomassan medan tungmetaller och organiska ämnen sedimenteras. Våtmarker kan delas in i fyra olika kategorier; naturliga-, återskapade-, konstruerade- och skapade våtmarker. Konstruerade- naturliga- och återskapade våtmarker kan användas för behandling av vägdagvatten, men med en viss försiktighet. Naturliga våtmarker är ofta skyddade och därför begränsas deras användningsmöjlighet.

Infiltration

I de områden där det finns infiltrationsvänliga ytor och genomsläppliga underliggande marklager finns goda möjligheter för infiltration av dagvatten (Svenskt vatten, 2011). Genom mikrobiologisk nedbrytning, jonbyte eller adsorption uppnås rening i markens olika skikt (Larm,

1994). Infiltration på en vegetationsbegrädd yta brukar normalt kunna uppta mer vatten än den nederbörd som träffar ytan, och kan ses som den mest effektiva metoden för infiltration (Berggren, 1991). Man bör ha i åtanke att infiltration av smutsigt dagvatten kan påverka grundvattnet (VAV, 1983). Det kan vara mycket svårt att räkna på infiltrationsanläggningar och deras infiltrationskapacitet eftersom de på sikt sätts igen och behöver rensas med jämna mellanrum (Svenskt vatten, 2011). Generellt bör man undvika att ha grunda, stillastående vatten i mer än 48 timmar för att undvika myggläckning vilket bör beaktas vid beräkning av infiltrationsytor och dess infiltrationshastighet (City of Portland, År okänt)

Enligt Karlsson (1996) finns det olika sorters infiltrationsanläggningar. Infiltrationsmagasin är en typ som anläggs i den omättade zonen dvs den zon där det inte finns grundvatten, och fylls med grovt krossmaterial. När vattnet och föroreningar transporteras direkt ner igenom marken är det viktigt att vattnet får filtrera genom tjocka, lerhaltiga lager för att hinna renas innan det når grundvattnet (Bramdryd, 1991). Vidare menar Karlsson (1996) att om jordens naturliga genomsläpplighet är tillräckligt hög behöver man inte anlägga ett magasin. Föroreningarna från dagvattnet stannar i anläggningens ytskikt medan vattnet perkolerar ner till grundvattnet. En annan typ av anläggningar är infiltrationsdiken (swales) som oftast är vegetationsbegrädda diken. Enligt Svenskt vatten (2011) är infiltrationsstråk lämpliga att anlägga utmed gator, parkeringar och gång- och cykelvägar. Svensson (1998) menar att om infiltrationsdiken ska användas för rening av vägdagvatten måste vattnets kontakt med gräs och jord maximeras. Detta kan uppnås genom att använda grössorter som är tätväxande samt motståndskraftiga mot erosion. Vidare skriver Svenskt vatten (2011) att stråken i längdriktning bör vara relativt plana med en lutning på 2-5 promille, medan sidofallen ska vara betydligt kraftigare, ca 2,5 %. Under anläggningen bör man se till att infiltrationsytan ligger ca 5 centimeter lägre än angränsande yta för att vattnet ska kunna rinna ut på ytan. Med åren kommer gräsytan att höjas och kommer att hindra vattnet att rinna ut i infiltrationsstråket. För att återfå infiltrationsstråkets ursprungliga funktion bör man efter 10 år skära bort grässvålen och därmed sänka gräsytan närmst den hårdgjorda ytan.

Utformning av rondeller

Enligt Trafikverket (2004a) är huvudsyftet med rondeller, eller cirkulationsplatser som är det korrekta namnet, att sänka trafikens hastighet men också att skapa en bra trafikrytm. Men inte att förakta är också de stora gestaltsningsmöjligheter och utmaningar som cirkulationsplatsen skapar.

Utformningen av en cirkulationsplats beror på många faktorer; trafikflöden, vägstandard, önskad hastighet och inte minst den omgivande miljön (Winstrand, Löfqvist, Malmkvist (red). 2002).

”En cirkulationsplats ska utformas med någon av följande rondellutformningar:

Ej överkörningsbar med rondellradie ≥ 11 m.

Delvis överkörningsbar med inre rondellradie > 2 m och yttre rondellradie > 7 m.

Helt överkörningsbar med rondellradie < 7 m. Dimensionerande fordon ska dock kunna trafikera cirkulationsplatsen utan att passera rondellens centrumpunkt.

Tvåfältig cirkulation ska utformas med ej överkörbar rondell”.

(Trafikverket, 2012a s 115)

De hastigheter som förs i en rondell är högst avgörande för antalet olyckor och dess konsekvenser. Därför ska man, enligt Winstrand et al. (2002) medvetet utforma rondellerna för hastigheterna 50 km/h eller 30 km/h.

Gestaltning och typer

I skriften Cirkulationsplatser: en idéskrift från Trafikverket (2002) menar att man genom gestaltning kan cirkulationsplatsens funktion förstärkas. Det bör framgå om rondellen ska markera något t ex en orienteringspunkt, entré till staden eller markera en gräns mellan staden och landskapet eller ska rondellen bara smälta in i omgivningen och fylla sin funktion. Det är av yttersta vikt att den utformningen man väljer inte distraherar eller stör trafikanterna eller försämrar trafiksäkerheten. Vegetation och andra installationer i cirkulationsplatsen får inte skymma sikt eller skyltar. Gestaltningen av en cirkulationsplats ska ge ökad uppmärksamhet hos föraren och även en god hastighetsanpassning (Trafikverket, 2002).

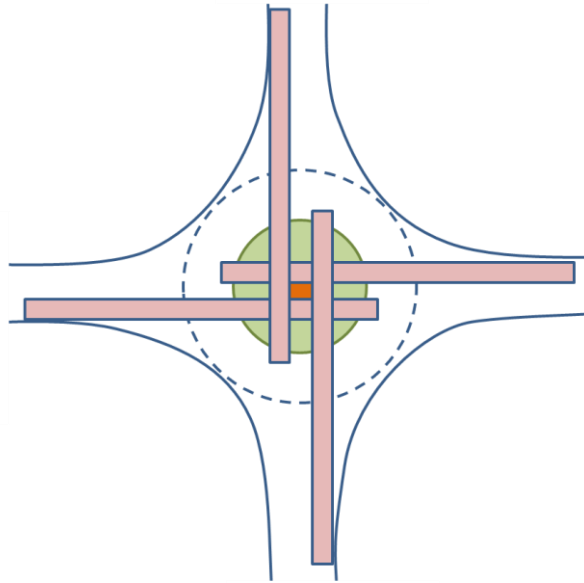
Den senaste tiden har upphöjda eller delvis upphöjda rondeller blivit allt vanligare.

"I Sverige (och Norge) regleras de ytor som måste hållas öppna för fri sikt vilket ger möjligheter att göra något speciellt med ytan i mitten. Upphöjningarna syftar till att hindra olyckor där trafikanter kör rakt igenom en cirkulation. I Danmark har man gått så långt att man rekommenderar att denna del utformas för att spärra genomsikten"
(Winstrand et al. 2002 s 19).

Det finns också de rondeller som är helt överkörningsbara, som är allt vanligare i storstäder med linjetrafik (Trafikverket, 2002). Winstrand et al. (2002) menar att en rondell som är upphöjd eller har en högre kant är tydligare för inkommande trafikanter och rekommenderas därför. Dock bör siktmöjligheterna beaktas då de kan bli något sämre än en "vanlig rondell". Genom att höja upp rondellens centrum ökar synligheten och hastigheterna sänks. Trafikverket (2012b) rekommenderar en lutning på < 3,5 %. De delvis överkörningsbara cirkulationsplatserna används i områden där det är ont om utrymme. Tanken är att personbilar ska köra i ytterkanten, på den yta som inte är upphöjd, medan lastbilar och bussar ska kunna köra över en del av, eller hela rondellen. För att förtydliga rondellens avsikt, bör upphöjningen bestå av ett avvikande material som tål vridmoment, exempelvis gatstenar som sätts i betong. Vidare menar Trafikverket (2012b) att rondeller med ett högt kantstöd hindrar fordon från att köra över rondellen och därför kan oeftergivliga föremål som träd och belysning lättare accepteras. Det höga kantstödet i sig kan då istället ses som ett oeftergivligt föremål och bör därför inte anläggas i hastighetszoner över 30 km/h.

Skyddszon

Oeftergivliga föremål ska normalt undvikas vid utformningen av cirkulationsplatsen, speciellt när anslutande vägar har en högre hastighet (Winstrand et al. 2002). Oeftergivliga föremål definieras som; Träd med ett stamomfång på mer än 100 mm i brösthöjd, betongfundament högre än 0,1 m, bropelare, jordfast sten högre än 0,1 m och el- och teleskåp (Trafikverket, 2004a). Om oeftergivliga föremål anläggs ska de finnas i en så kallad skyddszon (Winstrand et al. 2002) som illustreras i figur 7. Enligt Trafikverket (2004a) beräknas skyddszonen med ett tänkt körspår med en bredd på 1,8 m. Körspårets högra sida måste gränsa till korsningskurvan och dess vänstra sida vid den avslutande refugspetsen. När detta är gjort, får man en skyddszon där oeftergivliga föremål får placeras när hastigheten är 50 km/h eller lägre. Om hastigheten sänks från 90 km/h till 70 km/h för att sedan gå ner till 50 km/h vid tillfartsvägarna kan säkerhetszonen minska från 9 m till 3 m.



Figur 7. Visar den zon där oefftergivliga föremål får placeras i en cirkulationsplats. Illustrerad av Josefine Rehn från Trafikverket (2004b).

Några restriktioner för nedsänkningar i rondeller finns inte menar Åke Löfqvist, specialist på vägutformning hos Trafikverket (2013-04-18). Löfqvist menar vidare att rondeller vanligen lutar utåt för att underlätta avrinningen av dagvatten till dagvattenbrunnarna. Att luta vägbanan inåt är väldigt ovanligt och kommer att få en besvärlig höjdsättning. Det kan också orsaka problem för större fordon som lastbilar och linjetrafik när det gäller stabiliteten. Om rondellen kommer att luta in mot centrum måste det anläggas brunnar där för avledning av dagvattnet. Att anlägga en cirkulationsplats på detta sätt är väldigt ovanligt och inget som Trafikverket normalt sett rekommenderar.

Exempel från Lund

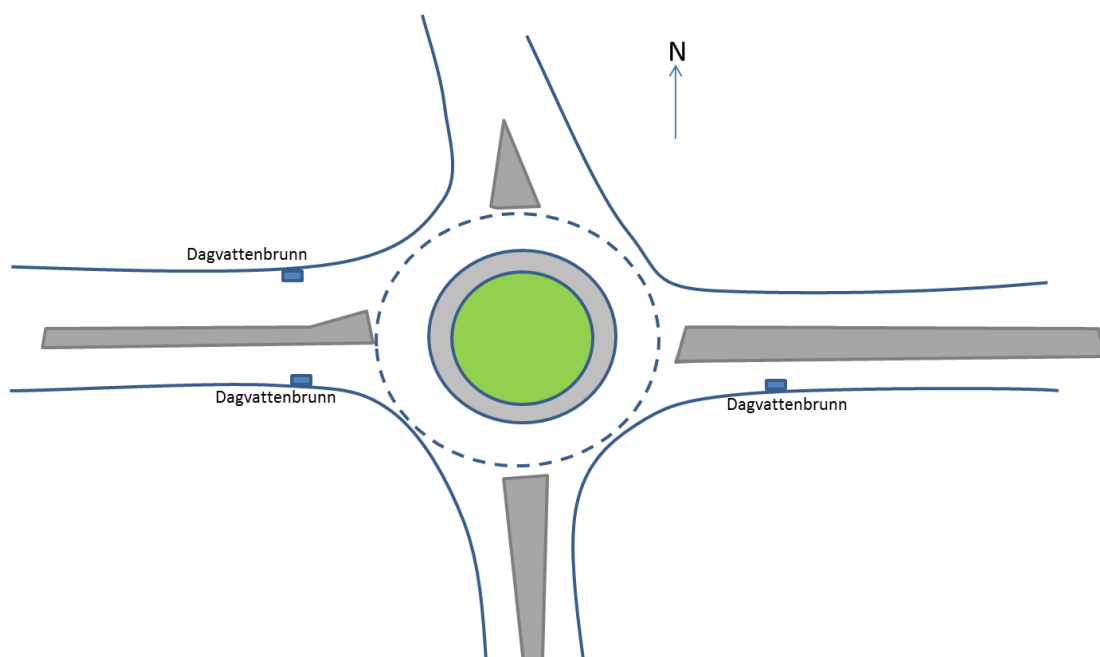
Denna fallstudie syftar till att undersöka möjligheterna att bygga om en befintlig rondell för att kunna ta hand om den nederbörd som hamnar på vägen kring rondellen. Cirkulationsplatsen som har valts ut finns i Lund, vid korsning Svenshögsvägen – Norra Gränsvägen och Skjutbanevägen. Orsaken till att just den cirkulationsplatsen har valts är att den representerar storleken hos en stor mängd cirkulationsplatser som är vanlig inne i städer och tätorter. Att rondellen ska ta emot allt vägdagvatten från platsen är troligen inte möjligt på grund av det befintliga fallet men kan fungera bättre hos andra cirkulationsplatser. Storleken är en begränsande faktor för hur mycket man kan göra, men för större cirkulationsplatser kan metoden absolut användas.

Beskrivning och analys av den valda platsen

Cirkulationsplatsen är av modellen delvis överkörningsbar, se figur 8. Rondellens totala diameter uppgår till 16 m där rondellens upphöjda mitt har en diameter på 14 m. En översiktsbild över cirkulationsplatsen visas i figur 8. Hela rondellen är något upphöjd, även den överkörningsbara ytan. Den överkörningsbara ytan består av smågatsten, ca 9 x 11 cm. Vegetationen i rondellen består av *Spiraea ssp* och *Rosa ssp* med många frösådda plantor av *Acer platanoides*, skogslönn.

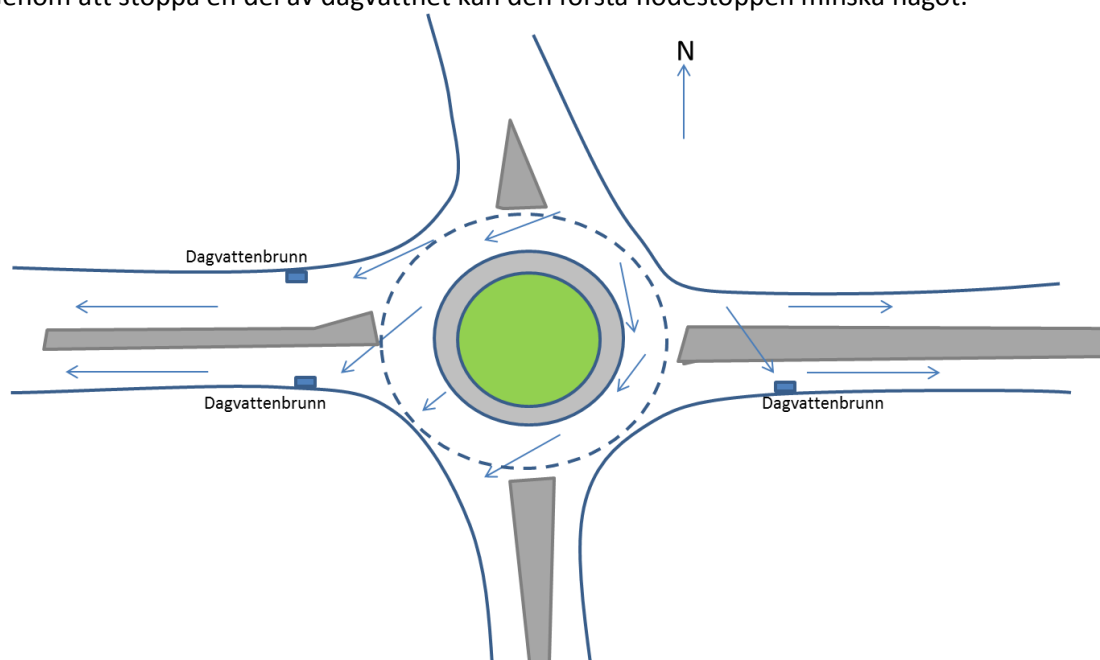


Figur 8 visar den valda cirkulationsplatsen i Lund. Foto taget av Josefine Rehn 2013-05-09.



Figur 9 visar en principskiss för hur den aktuella cirkulationsplatsen ser ut. Av Josefine Rehn.

Den nuvarande cirkulationsplatsen infiltrerar och renar mycket lite dagvatten. Den relativt täta vegetationen i rondellens mitt, släpper ner mycket lite vatten. Det mesta av nederbörden kommer troligtvis att transpireras av vegetationen. Den nederbörd som faller på ramen av gatsten har en chans att infiltrera mellan stenarnas fogar. Ramen av gatsten är näst intill flack närmst centrum och längre ut är det en svag lutning. Den näst intill plana ytan ger nederbörden en lite längre uppehållstid och större chans för infiltration. Majoriteten av den nederbörd som faller på vägen rinner till dagvattenbrunnar se figur 10. Cirkulationsplatsen är omgiven av tre dagvattenbrunnar varav den östra inte fyller någon större funktion för avrinningen i själva rondellen då den ligger bakom en höjdpunkt. Det dagvatten som rinner söderut infiltreras på gräsyta och kunde haft goda förutsättningar för rening om det inte hade varit för den ganska höga och täta grässvål som hindrar mycket av vattnet att äntra gräsmattan. Även om det inte är något stort hinder så stoppar refugerna upp en del dagvatten vilket skulle kunna vara önskvärt. Genom att stoppa en del av dagvattnet kan den första flödestoppen minska något.



Figur 10 visar fallet i cirkulationsplatsen. Av Josefine Rehn.

Jag ser inga direkta fördelar med denna, väldigt traditionella designen då det handlar om rening av vägdagvattnet. För att gynna reningen av vägdagvatten behöver inte utformningen av rondellen förändras mer än att lutningen på vägen ska vara annorlunda, vilket inte behöver påverka trafiken och hur cirkulationsplatsen upplevs. Rondellen är idag relativt lättskött med de täta spireorna som inte släpper upp mycket ogräs. Rosorna i mitten höjer dock skötselbehovet, men skötseln har blivit eftersatt så mycket ogräs och frösådda lönnar växer där. Då cirkulationsplatser är tämligen farliga att utföra skötselarbete i är det förståeligt att skötseln här inte är av högsta prioritet. Växtmaterialet har troligen valts för att de sköter sig själva i de rådande förhållandena.

Där är inga egentliga problem med den nuvarande rondellen mer än att majoriteten av vägdagvattnet leds direkt till dagvattenbrunnar utan att renas. Vägdagvattnet för med sig en stor mängd, varierande föroreningar. Såvida inte vattnet renas i reningsverk kommer det starkt förorenade vägdagvattnet att släppas direkt ut till en recipient. Då rondellen är upphöjd och omgiven av en avskärmande kant av både smågatsten och kantsten kan inget vägdagvatten infiltrera i rondellens mitt vilket skulle kunna rena det förorenade vägdagvattnet.

Inspiration från Malmö

I utkanten av Malmö i anslutning till E6:an finns Spillepengs rondellen som visas på figur 11. Detta är en stor rondell med en diameter på 106 m och en yta 8820 m² som tar hand om vägdagvatten. Trafikintensiteten är mycket hög och mycket tung trafik passerar. Rondellen är nedsänkt och tar hand om vägdagvatten vilket inte bara syns på skålningen utan även på vegetationen på platsen då där finns mycket bladvass.



Figur 11 visar en vy över hur rondellen ser ut. Tagen av Josefine Rehn 2013-05-08.

Som figur 12 visar är det en inte någon kraftig skålning på rondellen men tillräckligt för att vatten ska kunna rinna mot rondellens mitt. Det kan tänkas att skålningen är så mjuk för att skapa en trafiksäker miljö. Som figur 12 också visar är det en bred gräskant innan bladvassen kommer vilket är bra för vegetationen i mitten. Gräset samlar upp stora delar av de föroreningar som finns i vägdagvattnet innan det når den övriga, känsligare vegetationen.



Figur 12 visar en skålningen på rondellen. Tagen av Josefine Rehn 2013-05-08.

Just denna modell av utformning känns säker både ur trafiksynpunkt men även ur reningssynpunkt, men det kräver en större yta om det ska vara möjligt med en bred gräskant innan övrig vegetation kommer. Självfallet behöver inte gräskanten vara lika bred men det ger bättre effekt ju bredare den är. Stänk från trafiken kan transporteras 10 – 20 m från vägen, så gräskanten i rondellen i Malmö kommer ta upp majoriteten av det stänk som kommer från trafiken. För den valda cirkulationsplatsen i Lund skulle detta inte fungera. Det är helt enkelt för lite plats. Många rondeller i städer och tätorter är av samma storlek som den rondellen som valts ut för analys och därmed är denna modell inte aktuell, men för större cirkulationsplatser utanför städerna fungerar detta alldeles utmärkt.

Ändringsförslag

Första steget i att skapa en cirkulationsplats för rening av vägdagvattnet är att förändra fallet på vägen så att den lutar svagt inåt mot rondellen. Detta är ett ganska stort ingrepp vilket kan göra det svårt att applicera på en befintlig rondell. Är det inte möjligt att förändra fallet i hela cirkulationsplatsen kan man anpassa så att så mycket som möjligt av vägdagvattnet infiltrerar i rondellen. I det aktuella fallet från Lund, är det tveksamt om det är möjligt att infiltrera allt vägdagvattnet utan en omfattande omprojektering, utan man hade fått nöja sig med att ta emot en del av vägdagvattnet. Nästa steg i processen är att skapa förutsättningar för vägdagvattnet att komma in i rondellen. Förutom att fallet måste vara inåt mot rondellens centrum, får det inte finnas någon kantsten kring rondellen. Om det måste finnas med måste det finnas lite större hålrum mellan stenarna för att vattnet ska kunna komma in i rondellen. Genom att "skåla" rondellens centrum kan vatten ansamlas där och filtrera ner genom jorden. I skriften *Rening av vägdagvatten* skriven av Lundberg och Lindmark (1994) menar man att för att undvika erosion och få så effektiv rening som möjligt bör lutningen vara mellan 2 - 5 % på slänten. De menar även att djupet för ett dike bör vara mellan 0,15 – 0,5 m. Eftersom cirkulationsplatsen kommer att fungera som ett samlat dike kan man tänka sig att djupet även bör gälla här.

Markens egenskaper är vid lokalt omhändertagande av vägdagvatten avgörande för hur anläggningsprocessen kommer se ut. Innehåller jorden mycket lera, har jorden en låg genomsläpplighet för vatten. Av den anledningen måste man räkna med att vid hög nederbörd kan det bli stående vatten i rondellens centrum. Om man anlägger en infiltrationsbädd bestående av grovt stenkross kan man öka infiltrationen och minska risken för stående vatten. Motsatsen, en sandig jord har en hög hydraulisk konduktivitet och släpper igenom mycket

vatten. Om vi återgår till cirkulationsplatsen i Lund består dess mark av en moränmellanlera d v s att jorden inte släpper igenom så mycket vatten. Här bör man därför räkna med stående vatten efter en hög nederbörd.

Avrinning och jordart

Den totala ytan som ska avvattnas hos cirkulationsplatsen i Lund uppgår till 506 m² och ska avvattnas till en yta på 200m². Detta förhållande visar att nästan tre gånger så mycket vatten kommer att avvattnas till rondellen än det som faktiskt hamnar i rondellen. Vid exempelvis en nederbörd på 10 mm kommer rondellen behöva ta emot 30 mm om allt vatten ska tas omhand där. Moränmellanlera har en hydraulisk konduktivitet på $< 10^{-9}$ m/s vilket innebär att jordens förmåga att infiltrera vatten är dålig och tar lång tid. När lerjord infinner sig bör man räkna med att det kommer vara stående vatten i rondellen med jämna mellanrum. För att kunna ta emot tre gånger så mycket vatten behöver rondellens mitt därför vara ganska markant nedsänkt. Men som tidigare nämnts bör nedsänkningen inte överstiga 0,5 m ur trafiksäkerhetssynpunkt. Om det skulle behövas får man överväga att göra en infiltrationsbädd för att öka infiltrationsförmågan i de övre marklagret. Vid ett tio-års regn faller det mycket intensivt regn under en kort tid och det är tveksamt om en rondell på 200 m² klarar av att ta emot allt vatten från hela cirkulationsplatsen utan att svämmas över. För att undvika översvämning kan ett breddavlopp installeras i slänten som är kopplat till dagvattenledningarna. Viktigt att beakta är också att det måste vara minst en meter ner till grundvattenytan (Larm 1994).

För att få en uppfattning om hur stor skillnad jordarten kan göra kan vi jämföra med en mellansand. En mellansand har en hydraulisk konduktivitet mellan $10^{-3} - 10^{-5}$ m/s vilket innebär att jorden har en mycket god förmåga att släppa igenom vatten snabbt. Därmed behöver nedsänkningen inte var lika stor. Troligtvis kommer marken inte ha några större problem att ta hand om ett tio-års regn. Möjligen att det kommer vara stående vatten under en kort tid.

Snöhantering

Det är inte helt ovanligt att rondeller används som upplag för snö under vintertid. Använder man då en nedsänkt rondell som upplag begränsas spridningen av alla de föroreningar och salter som finns i snön. Dessutom kan det infiltrera och renas under en lång tid. I exemplet från Lund bör ett breddavlopp installeras för att undvika översvämning ut på vägbanan.

Växtval

Det klassiska i en cirkulationsplats är att ha buskar och ibland träd. Det kan man ha även i detta fall. Men innan man planterar växter bör man fundera över om platsen ska användas som snöupplag på vintern, för om så är fallet bör man inte plantera något mer än en vanlig gräsmatta. I cirkulationsplatsen i Lund skulle träd kunna placeras, så länge det är inom skyddszonen. Efter en sökning på Movium plantarum med sökorden *markförhållande – lerigt* och *specielltåligghet – luft- och marksalt* får man fram ett mycket begränsat urval av träd och buskar. Exempel på träd som klarar av dessa förhållanden är *Acer pseudoplatanus*, sykomorlön, *Alnus glutinosa*, klibbal, *Alnus incana*, gråal, *Populus alba 'Nivea'*, silverpoppel, *Quercus robur*, skogsek, *Salix alba ssp*, vitpil och *Salix daphnoides*, daggvide. De enda buskarna som klarar av dessa förhållanden var olika sorters snöbär, *Symphoricarpos albus*, *Symphoricarpos albus ssp laevigatus* och *Symphoricarpos 'Arvid'*, tuvsnöbär. Just tuvsnöbär har visat sig utvecklas mycket bra i vägmiljö. Där är dock ett litet varningstecken med Salix-arterna då de har väldigt djupgående rötter och gärna letar sig in i vattenledningar och orsakar stopp. En sak man också bör ha i åtanke är att alla växter påverkas olika av de tungmetaller som finns i vägdagvattnet, vilket kan resultera i att växternas utveckling inte blir som man har tänkt sig eller kanske inte klarar det alls. I skriften Perenner i offentlig miljö (2010) av Nyberg kan man läsa att exempel på perenner som fungerar i vägmiljö är rudbeckia, tuvrör, kärleksört, randgräs, gul fetknopp och backtimjan. Vegetation i rondellen är positivt, inte bara ur estetisk synvinkel utan även att det

bromsar upp vattenflödena, så mer hinner infiltrera. Det kan också vara negativt om det stoppar upp för mycket och infiltrationen går för långsamt.

Skulle jorden vara av sandig karaktär istället blir utbudet av växter genast mycket större. Exempel på träd som *Betula pendula*, vårtbjörk, *Betula pubescens*, glasbjörk, *Pinus mugo*, bergtall, *Pinus sylvestris*, tall blir då tillgängliga. Framförallt hos buskar ökar valmöjligheterna exempelvis *Caragana arborescens*, sibirisk ärtbuske, *Hippophae rhamnoides*, havtorn, *Lonicera xylosteum*, skogstry, *Prunus spinosa*, slån och *Rosa rugosa ssp*, vresros.

Fördelar och nackdelar med den nya designen

Den uppenbara fördelen är att mycket eller kanske majoriteten av vägdagvattnet kommer att renas markant innan det släpps ut till en recipient. Det är inte bara reningen som blir en fördel utan det kommer även att bli en minskning av flödestoppar i ledningarna. Rent skötselmässigt beror det mycket på eventuella växtval. Annars krävs ingen större skötsel utan det är i så fall i form av punktinsatser. En av nackdelarna är att med kanske tio års mellanrum behöver man byta jorden för att den är "mättad" med föroreningar och kan inte renas mer. Det skulle kunna ses som ett problem ur trafiksäkerhetssynpunkt att det är nedsänkt och samlar vatten, men eftersom det inte är några stora djup vi pratar om så borde det inte vara något bekymmer. Hänsynen till oftergivliga föremål måste tas oavsett om rondellen är nedsänkt eller upphöjd.

Sammanfattning

Vid cirkulationsplatsen i Lund hade det varit möjligt att anpassa för lokalt omhändertagande av dagvattnet om det önskas. I det fallet handlar det snarare om en kostnad. Hänsyn måste dock tas till den befintliga jordarten, som här släpper igenom dåligt med vatten. Detta är emellertid inte en ursäkt till att det inte kan göras, utan det går att anpassa.

Diskussion

Cirkulationsplatser fyller främst en viktig roll för att göra trafiken säkrare genom att sänka hastigheterna. I framtiden kan de kanske fylla en ytterligare betydande roll nämligen som platser för rening av vägdagvatten. Förtätningen av städerna och tätorterna resulterar i att många av de relativt få grönytor som finns kvar byggs om till bostäder eller hårdgörs. Med minskade grönytor som tar hand om mycket av stadens regnvatten kommer avrinningen öka och vikten av att ha ett fungerande dagvattensystem att öka. Det kan därmed bli viktigt att försöka utnyttja små ytor som hittills varit otänkbara att använda för rening av vatten. Majoriteten av vårt förorenade dagvatten kommer från parkerings- och trafikytor. Därför känns det logiskt att också försöka ta hand om detta vatten i vägmiljön, på ett säkert sätt både ur trafiksynpunkt och miljösynpunkt. Cirkulationsplatser är idag ofta upphöjda och avskärmade för dagvatten att infiltrerar och renas. Med förtätning och minskade grönytor kan det vara läge att börja fundera över rondellernas framtida funktion. Är cirkulationsplatserna lämpliga för att ta hand om det vatten som kommer på vägen kring den? Kan denna outnyttjade yta bli en av många framtida lösningar på ett problem som kommer oss allt närmre?

Som visades i scenariokartorna från SMHI kommer mängden intensiva nederbördstillfällen att öka markant. Det är troligt att det redan syns en skillnad i antalet intensiva regn jämfört med för 40 år sedan. Den ständigt ökande växthuseffekten leder till smältande isar och ”mer” vatten i omlopp. En ökad temperatur ger en ökad avdunstning som resulterar i mer nederbörd. I Sverige kommer detta att visas i fler mer intensiva regn. I andra delar av världen kan det istället resultera i färre regntillfällen, så att redan torra platser blir ännu torrare vilket kan få katastrofala följder. En del forskare förnekar den ökande växthuseffekten och dess följder, andra hävdar att det går mycket fortare än det som publiceras. Det är svårt att veta vem man ska lita på, men uppenbart är att vi står inför en förändring gällande vårt klimat.

Vädrets makter kan vi inte rå på och mängden snö är en sådan sak som vi bara måste acceptera och ta om hand för att kunna ha en fungerande trafik. Det är omöjligt att förutspå framtidens väder och SMHIs scenariokartor är bara några av många tänkbara scenarion som kan ske, men med den utvecklingen vi har idag är det troligt att nederbörden kommer att bli liknande deras scenariokartor. Skulle det ske någon förändring i dagens utveckling är dessa kartor troligtvis inte aktuella längre. Mängden snö varierar kraftigt från säsong till säsong men gemensamt är att vi måste ha någonstans att lägga snön som faller på vägen. Den ständigt ökande temperaturen kommer dock snön allt oftare falla i form av regn. Därmed behöver man inte tänka så mycket på snöupplag utan istället ta hand om vattnet på ett så bra sätt som möjligt för att undvika spridningen av föroreningar. Idag är det vanligt att fotbollsplaner och grönytor används som snöupplag, eftersom de sällan används under vintertid. Det har då också visat sig att dessa ytor, inte bara fått lite packskador från snöns tyngd utan också blivit förorenade. Dessa ytor är ofta inte avsedda för infiltration av så förorenad nederbörd. Då är det bättre att ha några platser som redan tar hand om förorenat vatten, som dessutom får fungera som upplag för snömassor under vintern. Jag tror att nedsänkta rondeller är en sådan plats som skulle kunna fungera för snöupplag. Eftersom dessa platser redan är anpassade för infiltration så lämpar det sig att också ta hand om snömassor som så småningom kan infiltreras. Allt för stora snömassor bör dock undvikas för att inte orsaka packningsskador på jorden. Finns där vegetation i form av träd och buskar är det kanske inte lämpligt att använda platsen som snöupplag, då omfattande skador kan ske. Att använda en rondell som snöupplag bör nog också kontrolleras mot Trafikverket, ur säkerhetssynpunkt.

Dagens sätt att ta hand om dagvatten är inte hållbart i längden. Även om hanteringen av dagvatten har blivit avsevärt mycket bättre jämfört med hur man hanterade dagvattnet under

exempelvis 50-talet där allt släpptes ut, så är den fortfarande inte tillräckligt bra. Dagvatten, och främst väg dagvatten släpps ofta ut orenat till recipienter. Det förorenade vattnet i våra vattendrag leder till förgiftad fisk. Detta är en av orsakerna till att vi ofta inte kan äta vår svenska insjöfisk, för människan förgiftat vattnet. Övertron på LOD teknikens introducerande under 70-talet resulterade i ett dåligt rykte om tekniken. Idag tror jag att problemet ligger att man inte tänker på att använda LOD tekniken, utan man använder det klassiska systemet som man vet fungerar. Nyexploaterade områden som anpassats redan från början med LOD tekniken, exempelvis Augustenborg i Malmö och Mariastaden i Helsingborg, har visats vara väldigt effektiva och framgångsrika gällande vattenrening. Det finns många olika sorters LOD-tekniker som lämpar sig för olika platser och dess storlek. Att börja med att ta hand om sitt egna regnvatten med tomtens gräsmatta som infiltrationsmedium skulle resultera i en mindre avrinning från anslutande uppfarter och vägar. Många kommuner har förbud mot att tvätta bilen utmed gatan, vilket många gör ändå och där tvättas inte bara föroreningar och smuts bort, utan majoriteten använder någon form av rengöringsmedel som släpps ut i dagvattenbrunnarna. Genom att förändra vår inställning till dagvattnet, och faktiskt se det som något starkt förorenat, och börja ta hand om dagvattnet på tomtens och sluta tvätta bilen på gatan, kommer vi en bit på vägen till ett renare dagvatten. Användningen av gröna tak har ökat mycket den senaste tiden. Anläggning av de så kallade sedumtaken minskar avrinningen från taken men har också ett estetiskt värde. Tak är i många fall en outnyttjad yta som vid anläggning av gröna tak får en vattenuppsamlande funktion. Det kräver dock en viss dimensionering för att kunna anläggas och kanske är lite svårt att anlägga på befintliga byggnader.

Jag vill hävda att möjligheterna för ökat lokalt omhändertagande av väg dagvatten är stora. Tänkbart är att problemen är störst i städerna där det ofta råder platsbrist. Landsvägar och motorvägar avvattnas alltid ut mot diken längs vägens kant. Hur det vattnet tas omhand varierar mycket, allt från våta sedimenteringsdammar till naturlig infiltration. Om vi återgår till stadsmiljö där väg dagvattnet troligen är som mest förorenat, är det också viktigast att det tas om hand. Att utnyttja LOD-tekniken inne i staden, i vägmiljö kan vara den kanske bästa och mest kostnadseffektiva metoden. En naturlig rening med infiltration avlastar våra reningsverk mycket och vattenbalansen i jorden förblir någorlunda opåverkad. Det är inte helt ovanligt att vegetation i närheten av en väg dör på grund av förändrade vattenförhållande i marken eftersom mycket vatten avleds istället för att infiltreras. Det kan vara svårt att rena bort alla föroreningar i väg dagvattnet men att göra en kombination av naturlig infiltration och reningsanläggning kan ge ett mycket renare vatten som släpps ut. I och med att infiltrationsanläggningar också fördröjer vattnet så att vattnet kommer till reningsverket senare, minskas belastningen hos reningsverken.

Troligtvis kommer det att finnas en del hinder på vägen till den "ultimata" lösningen för dagvattenhantering i cirkulationsplatser. Det är svårt att förutse vilka tänkbara problem som kan uppstå då de kan tänkas vara mycket platsspecifika. Ledningar under marken skulle kunna vara ett sådant problem som kan stötas på hos alla cirkulationsplatser. Beroende på hur djup försänkningen ska vara kan man komma nära ledningar, kanske ledningar som inte bör komma i kontakt med för mycket vatten. Aktuellt scenario kan också vara att det behöver anläggas dräneringsledningar en bit under markytan för att enklare kunna få bort vattnet. Dräneringsledningen måste således kopplas på en befintlig dagvattenledning som kan tänkas vara lite besvärligt. Erosion är också något man behöver beakta. Stora mängder jordmaterial får inte transporteras bort med vattnet då det kan orsaka stora skador på infrastrukturen. Ett annat tänkbart scenario som kan orsaka lite problem är grundvattnets nivå. Som tidigare nämnts måste det vara minst en meter ner till grundvattenytan och har man högt grundvatten kan detta sätt käppar i hjulet. Det är viktigt att starkt förorenat vatten inte når till grundvattnet innan det renats väsentligt. Grundvattennivån brukar dock tendera att vara lägre i staden än utanför staden på grund av mänsklig inverkan. Det troligtvis största problemet kommer att vara jorden.

En packad jord släpper igenom mycket lite vatten och i en vägmiljö med tunga maskiner under anläggning är risken för packskador stor.

Jag vill understryka jordens betydelse för att detta ska fungera. Lerjordar är dåliga på att infiltrera vatten och är därför inte optimala i detta sammanhang men det fungerar! Skulle det visa sig att en lerjord dessutom har packskador från anläggningen är det tveksamt om jorden släpper igenom något vatten alls. Packskador på jordar är allvarligt och svårt att åtgärda. Det bästa är att låta de läka själv men detta tar mycket lång tid, tid som man kanske inte har. Man kan försöka luckra jorden men man får tveksamma resultat. Vid en lerjord måste man vara medveten om att det kommer att vara stående vatten där ett tag efter ett nederbördstillfälle, men jag ser inte detta som ett problem. En lerjord renar dock mer föroreningar än vad en sandjord gör. En sandjord har mycket bra infiltration men en sämre reningsförmåga. Så det är något av en balansgång om man vill bli av med vattnet eller rena det så mycket som möjligt. I Sverige har vi mycket moränjordar, vissa med mer lerhalt än andra. Moränjordar har en stor variation av kornstorlekar och kan därför ha en god infiltration, såvida den inte innehåller för mycket lera. Men jag tycker inte att jorden ska ses som ett hinder för att applicera detta tankesätt i cirkulationsplatser utan snarare att man får anpassa utformningen efter jordarten. Vid en sandig jord behöver skålningen av rondellen inte vara lika djup som hos en lerjord, där infiltrationen tar längre tid.

I vilka vägmiljöer kan denna lösning appliceras? Jag skulle vilja påstå att det går att använda i nästan alla vägmiljöer. Cirkulationsplatser som befinner sig i 70 km/h – zoner är i många fall icke överkörningsbara och har en radie >11 m. Möjligheterna att infiltrerar stora mängder av vägdagvattnet är därmed större än hos en mindre rondell. Det är inte helt ovanligt att stora rondeller används som en "entré" till större städer, för att visa att hastigheten sjunker. Eftersom de används som entréplatser, passerar ofta stora mängder trafik och ger ett starkt förorenat vägdagvattnet. Detta vatten är därmed i stort behov av att renas innan det släpps ut i naturen. Eftersom cirkulationsplatser har mycket trafik, måste de följa Trafikverkets alla regler för hur en vägmiljö ska utformas. Det finns inga direkta direktiv för hur djup en nedsänkning i trafikmiljö får vara men det finns en rekommendation om att diken bör vara mellan 0,15 – 0,5 m djupa och det kan tänkas att detta även skulle gälla i detta fall även om det inte är ett dike. Det kan också tänkas att hela rondellen inte behöver vara nedsänkt utan bara delar av den för att skapa en lite mer intressant miljö.

Transporten av de olika föroreningarna blir avgörande för hur mycket av ämnena det finns i dagvattnet. De små, lätta partiklarna som binds i aerosolform kan transporteras långa sträckor och kan orsaka problem en bit från källan. De större, tyngre partiklarna som inte kan transporteras över samma sträcka orsakar desto större problem där de deponeras. De tyngre partiklarna är dock lättare att avskilja genom sedimentering. Sker transporten via vatten är ämnena i jonform eller så är partiklarna uppslammade och mycket svåra att binda till sediment, vilket resulterar i att föroreningarna enklare kan perkolera ner till grundvattnet. Att fånga upp upplösta ämnen kräver växtupptag eller absorption, gärna i våtmarker vilket kan vara svårt i just vägmiljö. Stora delar av föroreningarna är av den tyngre karaktären och tas upp genom sedimentation och infiltration, vilket kanske är tur för detta underlättar reningen. Det är lättare att anlägga infiltrationsstråk längs vägar, vilket många redan har, än att anlägga en våtmark. Fenomenet *first flush* är mycket omtalat i litteraturen men någon egentlig definition är mycket svår att hitta. Vad som är säkert är att first flush orsakar skada då många föroreningar transporteras med den första vågen av vatten från ett nederbördstillfälle. Det är tänkbart att man kan anlägga mindre infiltrations- och reningsanläggningar som tar hand om first flush och de värsta föroreningarna. Man bör dock vara medveten om att många föroreningar och partiklar inte följer med first flush. Anläggningarna som tar hand om first flush är bättre än att släppa ut allt, men det kommer fortfarande släppas ut mycket föroreningar.

Föroreningar i vägmiljö är en mycket komplex blandning av många olika ämnen. Komplexiteten hos föroreningsblandningen resulterar i att det troligen inte räcker med endast en sorts rening utan det behöver renas på många olika sätt. Jag tror att genom denna rening av vägavgvatten gör att vi kommer ett stort steg på vägen mot ett renare vatten. Har man en dräneringsledning under rondellen så kan det redan renade vattnet ledas till dagvattenledningar och vidare till reningsverk där det renas ytterligare. Genom att infiltrera vattnet kommer flödestopparna i både ledningar och reningsverk att minska och inte orsaka så stora problem som de kan göra idag. Den förorening som orsakar mest problem och är mest debatterad är bly. En tydligt nedåtgående trend syns dock tack vare övergången till blyfri bensin och en hårdare lagstiftning. Vi lever i en tid där nya drivmedel tas fram och testas i jakt på en ersättare till bensinen. För några år sedan kom bilar som drivs på etanol, E85 (15 % inblandad bensin, 25 % under vintertid). Etanolen har lägre energiinnehåll vilket resulterar i att man behöver tanka oftare. Det syns dock en kraftig minskning av kväveoxid jämfört med en vanlig bensindriven bil. Hur miljövänlig etanolen är beror dock helt och hållet på dess framställningsmetod. En oetisk framställning av etanol borde kanske anses lika smutsig som bensinen? Det senaste inom miljövänliga bilar är eldrivna bilar. Eldrivna bilar fungerar för kortare sträckor, ca 10 – 15 mil innan de behöver laddas. De släpper inte ut några avgaser alls. Eller? Framställningen av el kan vara en väldigt smutsig process främst om kolkraft används. Därmed behöver inte elbilar vara det mest miljövänliga valet, utan det beror helt på var energin kommer ifrån. Frågan man kan ställa sig är vilket drivmedel som kommer näst? Finns det något som överhuvudtaget kan matcha bensinens effektivitet? Kommer det att finnas ett helt miljövänligt drivmedel i framtiden? Detta är frågor som man bara kan spekulera i och låta tiden få utvisa.

Det finns många olika reningsmetoder och anläggningar som är effektiva på olika föroreningar. Det är omöjligt att säga vilken reningsmetod som är bäst för vägavgvatten eftersom variationen av föroreningar är så stor, och alla föroreningar har olika sätt för att renas mest effektivt. Andelen tungmetaller och partikelbundna föroreningar i vatten är troligen störst i vägavgvattnet och därför kan det vara lämpligt att välja den metod som är mest effektiv för just tungmetallerna. Detta har visat sig vara sedimentation eller infiltration. Sedimentation kräver dammar i anslutning till vägarna, vilket kanske gärna ska undvikas ut säkerhetssynpunkt. Om en damm ska anläggas måste den uppfylla Trafikverkets rekommendationer och troligen anläggas en bit bort från vägen, vilket innebär att det förorenade vattnet måste transporteras en bit innan det når reningsdammen vilket kan vara positivt ur reningssynpunkt då många ämnen hinner infiltreras under transporten. Men dammar kräver plats vilket det råder brist på inne i städer och tätorter, så här lämpar sig infiltrationsanläggningar bättre. Genom infiltration filtreras de partikelbundna föroreningarna och tungmetallerna, genom adsorption binds många tungmetaller och via biologisk nedbrytning i marken löses organiska föreningar upp. Detta måste vara den mest reningseffektiva och den mest platseffektiva metoden då redan befintliga grönstråk utmed vägarna kan användas.

En rondell för lokalt omhändertagande av vägavgvatten kräver inte mer skötsel än en vanlig rondell. Det kan till och med tänkas att en vanlig, klassisk rondell, helt klädd i gräs kräver mer skötsel än denna. I detta fall gör det ingenting om gräset är lite högre för att sänka flödes hastigheten. Skötseln beror mycket på vilken typ av vegetation som anläggs i rondellen. Träd och buskar kräver inte så mycket skötsel mer än bevattning i början. Rensning av ogräs kommer att bli aktuellt. Men hur mycket skötsel som kommer att krävas beror helt på utformningen. Är det en bra projektering med rätt storts växter i rätt mängd, behövs bara små skötselinsatser, ofta i form av ogrärensning. Önskvärt är en rondell som kräver så få skötselinsatser som möjligt. Rondeller är utsatta platser och arbetar man i en rondell är man relativt oskyddad om olyckan skulle vara framme. Frågan man kan ställa sig är hur väl vegetationen kommer att utvecklas i denna förorenade miljö.

Eftersom arbetet är tidsbegränsat har jag inte kunnat gå så djupt in på vissa saker. Det finns ett stort utrymme för vidareutveckling av detta ämne. Det finns mycket litteratur och forskning som rör vägdagvatten och föroreningar som man kan fördjupa sig ytterligare i. Något man dock bör fundera kring är att mycket av litteraturen är från 80-talet och det har hänt rätt mycket med utvecklingen sedan dess. All litteratur är kanske inte aktuell längre inom vissa områden. Innan nya rön har kommit om de ämnena så får vi tillgodo se oss med den, lite äldre litteraturen som finns att tillgå.

Slutsats

Är det möjligt att ta hand om vägdagvattnet lokalt i en cirkulationsplats? Klart det är! Har man rätt grundförutsättningar kan det bli väldigt enkelt. Skulle det vara något problem, exempelvis en lerjord som är dålig på att infiltrera vatten så måste man bara ta hänsyn till det redan från början. Problem kommer man att stöta på längs vägen, men det är bara att försöka göra så bra anpassningar som möjligt för att få en så bra reningseffekt som möjligt!

Källförteckning

Arvidsson, J., Pettersson, O. (1995) *Jordpackning och markstruktur*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet (Aktuellt från lantbruket nr 435).

Berggren, H. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Geohydrolika forskningsgruppen (Meddelande 91).

Bjelkås, J., Lindmark, P (1994). *Föroreningar av mark och vägdagvatten på grund av trafik*. Linköping: Statens geotekniska institut (Objektnummer 422).

Bramryd, T. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Geohydrolika forskningsgruppen (Meddelande 91).

Castensson, R., Falkenmark, M., Lohm, U., Widstrand, C-G. (1979). *Vatten i natur och samhälle*. Lund: LiberLäromedel.

City of Portland. (år okänt). *Environmental services*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.portlandoregon.gov/bes/article/199748> (2013-05-08).

Continental. (2008). *Tyre Basics Passenger Car Tyres*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.conti-online.com/generator/www/au/en/continental/tyres/general/downloads/download/reifengrundlagen_en.pdf (2013-04-28).

EPA, Environmental Protection Agency.(2013). *Climate change – basic information*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.epa.gov/climatechange/basics/> (2013-05-09).

Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M. (2010). *Wiklanders marklära*. Lund: Studentlitteratur.

Folkesson, L. (1994) *Miljöeffekter av vägdagvatten - Litteraturöversikt*. Linköping: Väg- och transport-forskningsinstitutet (VTI rapport 1995:391).

Grip, H., Rodhe, A. (1994) *Vattnets väg från regn till bäck*. Uppsala: Hallgen & Fallgren Studieförlag AB.

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Bennet, C. (2011). *Slitagepartiklar från vägbeläggningar med gummiinblandad bitumen - Jämförelser medreferensbeläggning*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/slitagepartiklar-fran-vagbelaggnings-med-gummiinblandad-bitumen--jamforelser-med-referensbelaggnings.pdf> (2013-05-08).

Gustafsson, M., Blomqvist, G., Brorström-Lundén, E., Dahl, A., Gudmundsson, A., Hjort, M., Johansson, C., Jonsson, P., Swietlicki, E. (2009). *NanoWear – nanopartiklar från slitage av däck och vägbana*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/nanowear--nanopartiklar-fran-slitage-av-dack-och-vagbana.pdf> (2013-04-28).

Göta älvs vattenvårdsförbund. (2011) *Suspenderat material*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.gotaalvvf.org/resultat/begreppsforklaringar/suspenderatmaterial.4.271d6b7512e53cf0cf980001043.html> (2013-05-06).

Hogland, W. (1991) *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Geohydrolika forskningsgruppen (Meddelande 91).

Holmstrand, O. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Geohydrolika forskningsgruppen (Meddelande 91).

Karlsson, M. (1996) *Lokal rening av urbant dagvatten – Litteraturstudie*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola (Rapport 1996:2).

Karlsson, M. (2011). *Vägdagvatten – Råd och rekommendationer för val av miljöåtgärd*. Trafikverket. [Elektronisk] Tillgänglig: http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6442/2011_112_vagdagvatten_rad_och_rekommendationer_for_val_av_miljoatgard.pdf (2013-04-22).

Klimatanpassningsportalen (2012). *Kraftig nederbörd*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.klimatanpassning.se/Hur-forandras-klimatet/Nederbord/kraftig-nederbord-1.21297> (2013-06-09)

Konsumentverket (2013). *Drivmedel*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.konsumentverket.se/vara-omraden/bilar-och-fordon/miljotips-for-bilagare/drivmedelochutslapp/drivmedel/> (2013-05-21).

Larm, T. (1994) *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsföreningen. (Rapport 1994:06).

Lind, B. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Göteborg: Geohydrolika forskningsgruppen (Meddelande 91).

Lundberg, K., Lindmark, P. (1994) *Rening av vägdagvatten*. Linköping: Statens geotekniska institut. (Rapport: Vägledning 7).

Malmqvist, P-A, Svenson, G & Fjellström, C (1994). *Dagvattnets sammansättning*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsföreningen. (VA-forsks rapportserie, 1994:11).

Naturvårdsverket. (2013). *Utsläpp i siffror*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Organiska-amnen/Partiklar/> (2013-04-28).

Nordberg, L. & Persson, G. (1979) *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. Borås: LTs förlag.

Nyberg, K. (2010) *Perenner i offentlig miljö*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet. [Elektronisk] Tillgänglig: http://stud.epsilon.slu.se/712/2/nyberg_k_100113.pdf (2013-05-15).

Pettersson, M. (1983). *Trafikens inverkan på dagvatten*. Solna: Statens naturvårdsverk (Snr pm 1722).

SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2012) *Vattenwebb*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://vattenwebb.smhi.se/shypeclimate/overview.html#> (2013-06-10)

SMHI, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (2013) *Högre temperatur påverkar intensiva regnskurar*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.smhi.se/forskning/hogre-temperatur-paverkar-intensiva-regnskurar-1.28766> (2013-06-09)

SOU, Statens offentliga utredningar. (2007). *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. Stockholm: Miljödepartementet. (2007:60) [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/content/1/c6/08/93/34/05245f39.pdf> (2013-05-09).

Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering – planering och exempel*. Malmö: Svenskt vatten.

Svenska vatten- och avloppsföreningen. (1983). *Lokalt omhändertagande av dagvatten – LOD*. Stockholm: Svenska vatten- och avloppsföreningen (Publikation P46).

Svenskt Vatten AB. (2011). *Publikation P105, Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Stockholm: Svenskt Vatten AB.

Svensson, T. (1998). *Rening av vägdagvatten*. Borlänge: Trafikverket (Publikation 1998:009).

Trafikverket. (2002). *Korsningar – Korsningstyp D*. Hämtat från Detaljutformning. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.trafikverket.se/PageFiles/30489/d7_07_7_1_till_2_korsningstyp_d_cirkulationsplats.pdf (2013-04-17).

Trafikverket. (2004a) *Korsningar*. Hämtat från Detaljutformning. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Korsningar/07_detaljutformning.pdf (2013-04-17).

Trafikverket. (2004b) *Sektion landsbygd – vägrum*. Hämtat från Sidoområden. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Foretag/Bygga_och_underhalla/Vag/Vagutformning/Dokument_vag_och_gatuutformning/Vagar_och_gators_utformning/Sektion_landsbygd-vagrum/08_sidoomraden.pdf (2013-04-18).

Trafikverket. (2012a). *Krav för vägar och gators utformning*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6892/2012_179_krav_for_vagar_och_gators_utformning.pdf (2013-04-18).

Trafikverket. (2012b). *Råd för vägar och gators utformning*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6893/2012_180_rad_for_vagars_och_gators_utformning.pdf (2013-04-19).

Trafikverket. (2012c). *Emissioner*. Hämtat från Handbok för vägtrafikens luftföroreningar. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.trafikverket.se/TrvSeFiler/Privat/Miljo/Halsa/Luft/handbok_for_vagtrafikens_luftföroreningar/kapitel_5_emissioner.pdf (2013-04-25).

Trafikverket. (2012d). *Vägtrafikens utsläpp*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.trafikverket.se/Privat/Miljo-och-halsa/Halsa/Luft/Vagtrafikens-utslapp/> (2013-04-25).

Volkswagen. (År okänt) *Motor Vehicle Exhaust Emissions - Composition, emission control, standards, etc.* [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_230.pdf (2013-05-07).

Winstrand, B., Löfqvist, Å. & Malmkvist, E. (2002) *Cirkulationsplatser: en idéskrift*. Trafikverket. Hämtat från: Utformning av vägar och gator. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.trafikverket.se/Foretag/Bygga-och-underhalla/Vag/Tekniska-dokument/Vagutformning/Regionala-dokument/Cirkulationsplatser---en-ideskraft/> (2013-04-18).

Icke publicerat material

Åke Löfqvist, specialist vägutformning Trafikverket, intervju över telefon. (2013-04-18)